REPUBLIQUE DU SENEGAL
UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP



ECOLE POLYTECHNIQUE DE THIES
Département de Génie Electromécanique

PROJET DE FIN D'ETUDES
en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception

TITRE:

CONCEPTION D'UN SYSTEME D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DE DONNEES POUR LE SUIVI DES ECHANGEURS DE CHALEUR DE LA CENTRALE DIESEL IV - SENELEC

AUTEUR : Amadou Mansour DIENG
DIRECTEUR : M. Salam SAWADOGO
CO-DIRECTEUR : M. Massamba THIOYE
DIRECTEUR EXTERNE : M.Serigne M.DIOP

JUIN 95

Dédicace

A mon père,
ma mère,
et mes frères et soeurs.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit de tous ceux qui de près ou de loin ont oeuvré pour la réalisation de ce rapport, notamment à :

- Monsieur Serigne Mouhamadou DIOP, notre directeur externe, d'avoir bien voulu nous proposer ce sujet ; et de nous avoir accepté comme stagiaire à la centrale diesel IV ;
- monsieur Salam SAWADOGO, notre directeur interne pour l'aide documentaire qu'il nous a procurée, et sa disponibilité sans faille ;
- monsieur Massamba THIOYE, notre co-directeur pour son assistance à la réalisation de la première partie ;
- monsieur Roger FAYE, technicien du laboratoire d'électrotechnique pour son aide précieux lors des simulations ;
- monsieur Birane DEME, directeur Du PSNES (Projet Sénégalo-Nippon d'énergie Solaire) d'avoir bien voulu passer la commande de la carte.
- et enfin, à tous les agents de la centrale IV pour leur sens des relations humaines,qui nous a permis de passer un séjour agréable à tout point de vue.

SOMMAIRE

La compétition que nous connaissons impose à l'industrie de produire en qualité et en quantité pour répondre à la demande dans un environnement très concurrentiel. Autrement dit, dans le cas d'une situation de monopole comme c'est le cas pour la SENELEC, il est important de tenir un marché, mais aussi de pouvoir en suivre l'évolution:

- diminution des coûts
- complexité technologique croissante.

A ces critères, il convient d'ajouter l'amélioration des conditions de travail qui s'impose progressivement comme un objectif essentiel.

Le projet de fin d'étude que nous menons pour le compte de la SENELEC s'inscrit dans ce cadre. Il s'agit de l'automatisation d'un système de recueil de données.Toutefois le degré d'automatisation d'un système est extrêmement variable selon la nature du procédé, sa complexité, la connaissance qu'on en a et les objectifs assignés au projet. On distingue trois degrés d'automatisation:

- La surveillance de grandeurs : il s'agit d'une fonction passive vis-à-vis du procédé.
- Le mode guide opérateur : complète le précédent par des traitements plus élaborés et propose des actions pour conduire le procédé selon un critère donné.
- La commande proprement dite : structure en boucle fermée, elle correspond à l'automatisation complète de certaines fonctions, depuis l'acquisition des informations, en passant par leur traitement, pour aboutir a une action sur le procédé.

Le sujet qui nous a été proposé, à savoir :

CONCEPTION D'UN SYSTEME D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DE DONNES POUR LE SUIVI DES ECHANGEURS DE CHALEUR DE LA CENTRALE IV - CAP DES BICHES, se situe au deuxième degré.

Nous avons pour ce faire scinder l'étude en deux grandes parties :

* Première partie : Etude technique sur les échangeurs de chaleur

* Deuxième partie : Système d'acquisition et de traitement de données, composée de trois chapitres qui sont :

- chapitre 2 : Acquisition de données - les Capteurs ;
- chapitre 3 : Chaîne d'acquisition de données ;
- chapitre 4 : Traitement des données et affichage des résultats par Labtech Notebook et Realtime vision.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ANNEXES

INTRODUCTION

Présentation de la centrale diesel IV

La SENELEC est la société qui détient le monopole de la production d'énergie électrique au SENEGAL. Sa nationalisation date de 1982 avec une période transitoire de cinq ans. Elle est constituée de plusieurs unités de production d'énergie électrique qui sont réparties sur le territoire national.

La centrale diesel IV a été implantée en 1990 sur le site du Cap des biches, à proximité de la centrale thermique III. Elle est actuellement composée de deux groupes de 21 MW chacun, fonctionnant au fioul lourd et couvrant près de 25 % de l'énergie électrique produite par la SENELEC. De surcroît, elle occupe la première place du point de vue consommation spécifique.

Objectif de l'étude

La consommation spécifique représente l'indice de performance d'une unité de production électrique ; elle peut être exprimée comme la quantité de fuel consommée pour avoir une puissance de 1 kilowatt. Deux phénomènes concourent à l'obtention d'une mauvaise consommation spécifique :

- la mauvaise qualité du fuel ;
- et les baisses de charge liées à l'encrassement des échangeurs de chaleur.

Il importe donc de contrôler ces deux paramètres. Actuellement le contrôle de l'encrassement des réfrigérants de la centrale diesel IV est partiellement assuré par les relevés horaires des températures du fluide réfrigéré.

L'objectif de notre étude est le suivi de l'encrassement des échangeurs de chaleur

par un système d'acquisition et de traitement de données pour préserver, sinon améliorer la consommation spécifique de la centrale diesel IV.

ETUDE TECHNIQUE SUR LES ECHANGEURS DE CHALEUR DE LA CENTRALE IV

1-1. DEFINITIONS

1-1-1. Transfert de chaleur

Le transfert de chaleur peut être défini comme la transmission de l'énergie d'une région à une autre (d'un espace solide ou fluide) sous l'influence d'une différence température. IL existe trois modes de transmission de chaleur:

* **Conduction :** l'énergie se propage à l'intérieur d'un milieu (solide, liquide ou gazeux) par contact direct des molécules sans un déplacement appréciable de celles-ci. Le transfert d'énergie pouvant s'effectuer par contact élastique des particules (cas des fluides) ou par diffusion d'électrons (cas des métaux). La conduction est le seul mécanisme de transfert de chaleur dans les corps solides.

* **Convection :** le processus de convection associé au mouvement des fluides, est en général étudié dans les trois cas suivant :

- quand le mouvement du fluide est "imposée", c'est-à-dire lorsqu'il existe une cause de mouvement autre que l'action de la pesanteur, la convection est dite "forcée" ;
- quand le mouvement est dû uniquement à l'action de la pesanteur sur un fluide dont la température et la masse volumique sont variables d'un point à un autre, la convection est dite "naturelle" ou "libre" ;
- quand les deux causes existent simultanément, sans que l'une soit négligeable par

rapport à l'autre, la convection est dite mixte.

* **Rayonnement :** lorsqu'un solide est chauffé, sa surface émet un rayonnement dans une gamme de longueur d'onde de l'ordre de 0.1 à 10 microns, c'est le rayonnement thermique. Certains molécules ou atomes se trouvant dans un état excité émettent un rayonnement lors de leur retour à un état d'énergie plus faible ; c'est le phénomène d'émission. Le processus inverse est dénommé absorption. Le rayonnement thermique ne représente qu'une faible part du domaine du rayonnement électromagnétique.

1-1-2. Echangeurs de chaleur de surface

Un échangeur de chaleur de surface a pour fonction de permettre un transfert d'énergie chaleur, d'un fluide à un autre sans que ces deux fluides se mélangent. Au niveau de cette étude les modes de transmission qui ont été pris en compte sont : la conduction et la convection. Mais cela ne veut pas dire que le rayonnement n'intervient pas dans le calcul des échangeurs ; dans beaucoup de cas elle est prédominante.

Un échangeur de chaleur dont le but principal est d'extraire des calories à un fluide chaud par le truchement d'un fluide plus froid est appelé **réfrigérant** ; par contre un **réchauffeur** est un échangeur de chaleur dont le but principal est l'apport de calories. Toutefois, on distingue pour chaque type d'échangeur des sous-ensembles caractérisés par le sens d'écoulement des fluides. Nous avons le sous-ensemble des échangeurs à courants parallèles constitué par :

- les échangeurs co-courants (les fluides circulent dans le même sens),
- les échangeurs à contre courants (les fluides circulent en sens opposé);

et le sous-ensemble des échangeurs à courants croisés.

Au niveau de la centrale IV du Cap des biches, la quasi totalité des échangeurs de chaleur sont des réfrigérants à contre-courants qui, donnent une plus grande performance que les échangeurs co-courant.

1- 2. ETUDE DES ECHANGEURS A CONTRE COURANTS

1-2-1. Types de disposition

D'après la relation q = mc DT, on voit que la plus forte variation de température sera subie par le fluide qui a le plus petit débit thermique unitaire. On dit que ce fluide "commande le transfert ". Ainsi on distingue trois cas de figure pour l'échangeur à contre courants quand on raisonne avec les **débits calorifiques** des fluides :

- **Cas 1:** $m_c c_c < m_f c_f$

$$T_\infty = \frac{\dot{m}_f\, c_f\, T_f^s + \dot{m}_c\, c_c\, T_c^e}{\dot{m}_f\, c_f + \dot{m}_c\, c_c} < T_f^e \ et$$

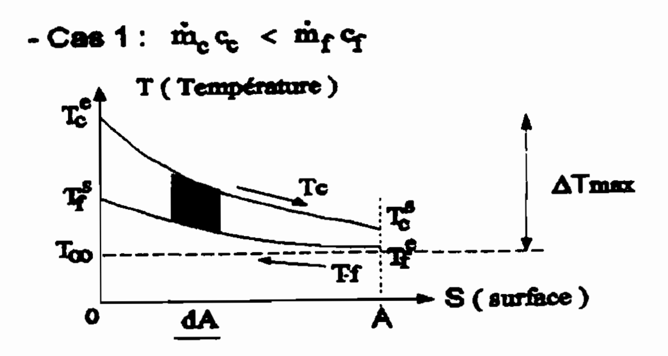


Figure 1-1 : Distribution des températures dans un échangeur à contre courant lorsque le fluide chaud commande le transfert.

$$\Delta T_{max} = T_c^e - T_\infty$$

T∞ : Température de mélange , c'est celle que l'on obtiendrait en supprimant la paroi et en mélangeant les deux courants.

- **Cas 2 :** $m_c c_c = m_f c_f$

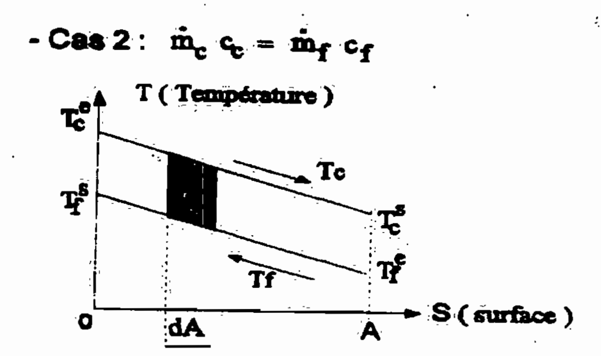


Figure 1-2 : Distribution des températures dans un échangeur à contre courant lorsque les fluides ont le même débit thermique unitaire .

- **Cas 3:** $m_c c_c > m_f c_f$

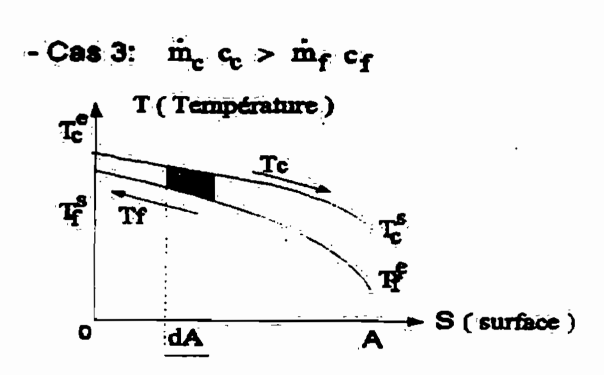


Figure 1-3: Distribution des températures dans un échangeur à contre courant lorsque le fluide froid commande le transfert .

$$T_\infty = \frac{\dot{m}_f\, c_f\, T_f^s + \dot{m}_c\, c_c\, T_c^e}{\dot{m}_f\, c_f + \dot{m}_c\, c_c} > T_c^e \text{ et } T_f^s$$

$$\Delta T_{max} = T_\infty - T_f^e$$

Remarque : Comme les échangeurs co-courants, la puissance de l'appareil est proportionnelle à l'aire délimitée par les courbes T_c et T_f. Dans les trois cas examinés, concernant la disposition contre courant, il est possible d'avoir $T_f^s > T_c^s$; cette situation favorable est irréalisable dans un échangeur co-courant. En pratique, on adopte généralement la disposition contre courant.

1-2-2. Détermination du flux de chaleur

Considérons le réfrigérant à contre courant montré à la figure 1-4 ; le fluide chaud circule à l'extérieur du tube central, favorisant ainsi les déperditions de ce dernier par rapport à l'ambiance. Les profils de température des deux fluides sont représentés sur la figure 1-1. Nous nous proposons de calculer le transfert de chaleur au niveau de ces deux tubes avec :

$$q = UA\ DT_{LM} \qquad (1\text{-}1)$$

qui représente le bilan global d'échange d'un transfert thermique où :

- U : coefficient global de transfert de chaleur,
- A : surface d'échange,
- DT_{LM} : différence de température logarithmique moyenne.

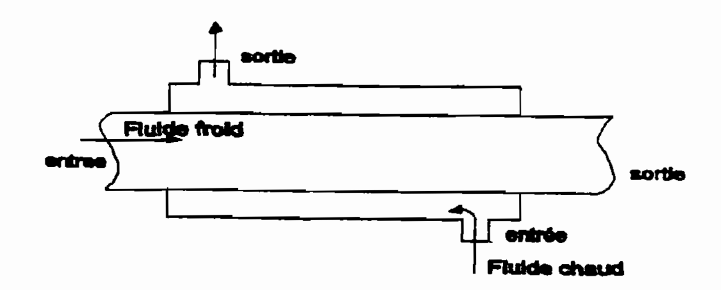


Figure 1- 4 : Rèfrigérant à contre courants

Les profils de température sur la figure 1-2. nous montre que la différence de température des fluides chaud et froid varie entre l'entrée et la sortie, et on peut déterminer la valeur moyenne en utilisant l'équation (1-1). Pour un échangeur à courants parallèles, la chaleur transférée à travers un élément de surface dA peut s'écrire :

$$dq = - \dot{m}_c \, c_c \, dT_c = \dot{m}_f \, c_f \, dT_f \qquad (1-2)$$

où les indices c et f désignent les fluides chaud et froid, respectivement. Le transfert de chaleur peut aussi être exprimé par :

$$dq = U \, (T_c - T_f) \, dA \qquad (1-3)$$

De l'équation (1-2) on tire :

$$dT_f = \frac{dq}{\dot{m}_f \, c_f}$$

$$dT_c = \frac{-dq}{\dot{m}_c\, c_c}$$

où $\dot{m}$ représente le débit massique et c la chaleur spécifique du fluide. Ainsi, on a:

$$dT_c - dT_f = d\,(T_c - T_f) = -dq\left(\frac{1}{\dot{m}_c c_c} + \frac{1}{\dot{m}_f c_f}\right) \qquad (1\text{-}4)$$

En remplaçant dq dans (1-4) par sa valeur dans l'équation (1-3) nous obtenons :

$$\frac{d\,(T_c - T_f)}{T_c - T_f} = -U\left(\frac{1}{\dot{m}_c\, c_c} + \frac{1}{\dot{m}_f\, c_f}\right) dA \qquad (1\text{-}5)$$

Cette équation peut être intégrée entre les conditions d'entrée et de sortie, comme indiqué à la figure 1-3 ; le résultat est alors :

$$\ln \frac{T_c^s - T_f^e}{T_c^e - T_f^s} = -UA\left(\frac{1}{\dot{m}_c\, c_c} + \frac{1}{\dot{m}_f\, c_f}\right) \qquad (1\text{-}6)$$

Les produits $m_c c_c$ et $m_f c_f$ peuvent être exprimés en terme de quantité totale de chaleur transférée sur la différence de température des fluides chaud et froid :

$$\dot{m}_f\, c_f = \frac{q}{T_f^s - T_f^e}$$

$$\dot{m}_c\, c_c = \frac{q}{T_c^e - T_c^s}$$

En substituant ces relations dans l'équation (1-6) on obtient :

$$q = UA \frac{(T_c^s - T_f^e) - (T_c^e - T_f^s)}{\ln [(T_c^s - T_f^e) / (T_c^e - T_f^s)]} \quad (1\text{-}7)$$

Ainsi, en comparant les deux équations (1-1) et (1-7) on tire l'expression de la différence de température logarithmique moyenne :

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_c^s - T_f^e) - (T_c^e - T_f^s)}{\ln [(T_c^s - T_f^e) / (T_c^e - T_f^s)]} \quad (1\text{-}8)$$

Lorsque l'on fait le dimensionnement, deux paramètres sont fixés par les conditions de procédé, à savoir la quantité de chaleur Q qui correspond à la charge de l'appareil, et la différence de température logarithmique moyenne DT_{LM} par le fait des contraintes de dimensionnement imposées sur les températures. D'après la formule (1-1), on voit donc, que les seules paramètres libres sont le coefficient global d'échange U et la surface d'échange A. Tout le but d'un dimensionnement thermique réside, à partir de nombreuses corrélations de la littérature, dans le calcul du coefficient global d'échange U. Ce coefficient est défini par la relation suivante :

$$\frac{1}{U_p} = \frac{1}{h_i} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_e} \qquad U_p \text{ en } [\ w / (m^2.K)\ ]$$

La valeur donnée par la formule ci-dessus est l'expression de U lors de la conception ; lorsqu'un échangeur est en service il est soumis, pour des raisons difficilement contrôlables, à des régimes de marche qui ne sont pas pris en compte lors du dimensionnement.

1-2-3. Causes d'encrassement

Parmi ces cas de marche, le phénomène favorisant le plus l'encrassement est la température. En effet, si l'on prend, comme exemple, le cas des produits polymérisables, une surchauffe peut provoquer une réticulation des gommes présentes; il n'est alors plus possible de dissoudre les gommes par autonettoyage. De même le contact de l'eau ordinaire avec une paroi trop chaude accélère le phénomène d'entartrage (formation de croûte de calcaire, dure et insoluble), cependant les aléas de marche peuvent durant un temps plus ou moins long imposer cette situation. Le coefficient d'échange devient alors:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + R_i + \frac{e}{\lambda} + R_e + \frac{1}{h_e}$$

avec, h_i : coefficient de film interne en [w / m².K]

- R_i : résistance d'encrassement côté interne en [m².K / w]
- e / λ : effet de la paroi sur le transfert (e : épaisseur de la paroi, λ conductivité thermique de la paroi), ce terme est en général très faible et peu être négligé en première approximation, e / l en [m².K / w]
- R_e : résistance d'encrassement côté externe en [m².K / w]
- h_e : coefficient de film externe.

et il est défini selon la figure suivante :

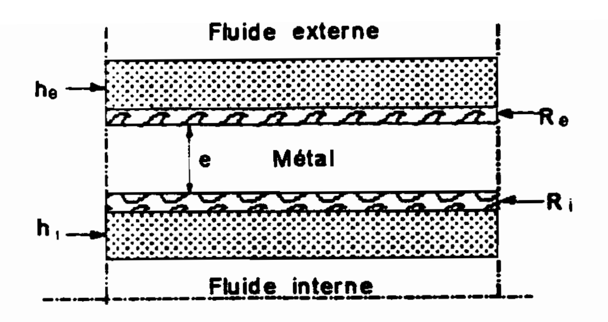


Figure 1-5 : Echange à la paroi

1-3. DESCRIPTION GENERALE

La centrale IV est séparée en deux tranches ; chaque tranche comprend un groupe électrogène constitué d'un alternateur de puissance apparente 26.48 MVA entraîné à 428 tours / minute par un moteur diesel de 18 cylindres en vé.

- L'alternateur débite sous une tension de 6,6 kv.
- Le moteur diesel fonctionne au fuel lourd.

1-3-1. Puissance : sous conditions climatiques du site

Dans les conditions ISO, à savoir :

- 60 % pour le degrés hygronométrique,
- 30 °C comme température de l'air ambiant,
- et 760 mm de Hg, la puissance du groupe électrogène est donnée par le tableau 1-1.

Tableau 1-1 : Type de puissance

Type de puissance	Puissance du plateau moteur (kw)	Rendement alternateur en (%), à cos phi = 0.8	Puissances aux bornes de l'alternateur (kw)
Maximum continu (PMC)	21600	97.2	21000
Surcharge unihoraire(PSU)	23760	97.2	23100
Service continu (PSC)	19440	97.2	18900
Service économique (PSE)	16200	97.1	15730

1-3-2. Rôle fonctionnel des circuits

*** circuit eau de mer**

L'eau de mer provenant de la station CIII est amenée dans le bassin de la tour de réfrigération à ruissellement par des caniveaux. Le niveau de ce bassin est maintenu constant par un déversoir renvoyant l'eau au retour d'eau de mer. Ce réservoir sert également de purge de déconcentration. Une pompe équipée d'une crépine puise l'eau du bassin à partir d'un puits latéral, et l'envoie sur le réfrigérant à plaques de titane.

A la sortie du réfrigérant à plaques, l'eau de mer est envoyée en tête de la tour de ruissellement pour être refroidie par contre courant d'air forcé par des ventilateurs. Des connections équipées de vannes sont prévues sur l'arrivée et la sortie eau de mer du réfrigérant pour permettre son nettoyage par circulation sans démontage.

L'eau de mer réfrigère l'eau douce intermédiaire à travers un réfrigérant à plaques à titane, ensuite elle est pulvérisée du haut du tour de ruissellement pour être réfrigérée à son tour.

*** circuit d'eau douce moteur**

La déminéralisation de l'eau de ville plus l'ajout de quelques additifs (exemple le RD11) permet d'obtenir l'eau douce. L'eau douce moteur assure :

- le refroidissement des cylindres du moteur ;
- le refroidissement ou le réchauffage de l'air de suralimentation ;
- le refroïdissement des turbo-soufflantes.

IL comprend trois sous-circuits :

1 - le circuit principal d'eau douce moteur

2 - le circuit de préchauffage de l'eau douce pour le conditionnement avant le démarrage du moteur au fuel lourd.

3 - le circuit d'appoint et de remplissage rapide du circuit principal.

*** circuit d'eau douce intermédiaire**

Le circuit d'eau douce intermédiaire, comme tous les autres, est un circuit en boucle où circule l'eau douce traitée. IL a pour rôle, le transfert des calories de la tranche à travers les réfrigérants eau douce moteur, huile, air alternateur et air de suralimentation vers l'eau de mer de la tour de ruissellement.

*** circuit huile moteur**

Le circuit d'huile tranche permet d'assurer :

- Le graissage des paliers principaux, des coussinets, des têtes et pieds de bielles,

- le graissage des engrenages de distribution,

- le graissage des paliers des arbres à cames,

- la réfrigération des têtes de piston,

- l'épuration de l'huile moteur par centrifugation et filtration.

Réfrigérant tubulaire (eau douce intermédiaire / huile moteur)

Ce réfrigérant est destiné à évacuer les calories récupérées par l'huile moteur. Cependant la température d'entrée de l'huile moteur est régulée par des vannes thermostatiques du type : éléments thermodilatables en by-passant plus ou moins le réfrigérant.

1-4. INCIDENCES DE L' ENCRASSEMENT DES ECHANGEURS

1-4-1. Réfrigérant eau douce moteur

Quand le réfrigérant eau douce s'encrasse, il entraîne une élévation de la température de l'eau douce moteur ; ce qui a comme conséquence, une diminution de la charge du moteur, et donc de l'énergie électrique produite.

1-4-2. Réchauffeur de ligne (eau douce moteur / eau surchauffée)

Pour un démarrage du moteur avec le fioul lourd, l'eau douce doit réchauffer les cylindres du moteur pour éviter le grippage. Si l'a température de l'eau douce est très inférieure à 82 °C, au moment où le réchauffeur de ligne est encrassé, un démarrage au fioul lourd pourrait être lourde de conséquence. Généralement pour le cas échéant, on a recours à un démarrage au DO (Diesel Oil) qui a l'inconvénient d'être plus cher que le fioul lourd.

- Un litre de diesel oil : environ 200 FCFA

- Un litre de fioul lourd : environ 90 FCFA

1-4-3. Réfrigérant huile moteur

L'élevation de la température de l'huile, par suite d'un encrassement du réfrigérant huile moteur entraîne une diminution de la viscosité ; l'huile devient plus fluide et n'assure plus un graissage correct des coussinets, engrenages, paliers et bielles. Cette situation peut provoquer un échauffement de l'arbre qui, entraîne un déclenchement de l'alarme (seuil de température palier). Pour éviter d'enregistrer des dommages sur l'arbre qui coûte 2 milliards, on sera alors obliger d'arrêter le moteur concerné.

1-4-4. Réfrigérant air alternateur

Deux points de consigne sont mis en service en fonction de la charge moteur :

	Température air
- charge inférieure à 35 %	75 °C
- charge supérieure à 35 %	52 °C

Une élevation de la température de l'air, à la sortie du réfrigérant occasionne une baisse de la charge moteur, afin d'assurer un bon refroidissement du rotor. Ce qui entraîne une baisse de la puissance du groupe, créant aux heures de pointe des délestages répétitifs.

1-4-5. Réfrigérant air de suralimentation

L'air de suralimentation permet au moteur d'atteindre une puissance acceptable. Toutefois deux réfrigérants sont présents à l'entrée de chaque vé du moteur pour assurer le refroidissement de cet air, s'il est chaud , et son réchauffement dans le cas contraire. L'encrassement de ce réfrigérant entraîne soit une élevation , soit une

diminution de la température de l'air ; il peut provoquer une combustion incomplète du fioul lourd ayant comme conséquence, une mauvaise consommation spécifique.

1-4-6. Réfrigérant à plaques

C'est le réfrigérant qui s'encrasse le plus fréquemment ; car étant exposé aux algues et à divers corps étrangers, malgré les filtres posés tout au long du canal d'amené. Cependant, les deux réfrigérants à plaques ont été disposés de maniéré à permettre, une prise en charge des deux groupes par un réfrigérant en cas d'encrassement de l'autre. Mais cette situation exige bien évidemment une diminution de la puissance des groupes, créant un vide de puissance qui entraîne des délestages aux heures de pointe.

1-5. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Dans la vie d'un échangeur, le coefficient global d'échange évolue dans le temps en fonction de l'encrassement. C'est l'encrassement qui est à l'origine généralement des baisses de performance sur les échangeurs de chaleur ; il peut entraîner quelques fois l'arrêt des installations pour éviter d'exposer à des risques, des équipements trop coûteux (voir paragraphe 1-4).

Notre étude s'inscrit dans le cadre du contrôle de la performance des équipements de la Centrale IV et donc, sera principalement axée sur le suivi de l'encrassement des réfrigérants. Le rôle de ces réfrigérants est d'évacuer l'énergie chaleur non transformée en énergie travail au niveau des moteurs.

La dégradation des performances thermiques et hydrodynamiques étant directement liée à l'encrassement, suivre l'encrassement revient à combiner les deux

méthodes suivantes :

- le suivi de la dégradation des performances thermiques
- le suivi de la variation des pertes de charge.

L'étude portera sur douze réfrigérants et deux réchauffeurs de ligne pour les deux groupes ; ces échangeurs de chaleur sont représentés sur les figures 1-6 et 1-7.

1-6. CALCULS THERMIQUES ET HYDRODYNAMIQUES

1-6-1. calculs thermiques

- PSC : puissance de service continu, correspond à 90 % de charge, soit 19 MW.
- PMC : puissance maximale continue, correspond à 100 % de charge, soit 21 MW.
- PSU : puissance de surcharge unihoraire, correspond à 23 MW. Le fonctionnement à ce niveau de puissance ne doit pas dépasser une durée de 1 heure.

Tableau 1-2 : Energies calorifiques à dissiper

Pour ces différentes puissances	PSC	PMC	PSU
Energies calorifiques à dissiper			unité : KW
Réfrigérant air alternateur	246	265	282
Réfrigérant air de suralimentation	4643	5005	5330
Réfrigérant huile moteur	1967	2120	2258
Réfrigérant eau douce moteur	5093	5490	5847
Réfrigérant à plaques	12214	13167	14023
Réchauffeur de ligne	299	322	343

*** Bilan thermique**

La formule suivante nous permet de déterminer la quantité de chaleur à évacuer dans le cas des réfrigérants et apporter dans le cas du réchauffeur.

$$Q = \dot{m} c \, \Delta T$$

Pour chaque circuit de réfrigération, nous présentons au tableau 1-2 les énergies calorifiques à dissiper, suivant différents régimes de fonctionnement du moteur.

*** Hypothèses de calcul**

On se place dans les conditions nominales de tous les équipements.

La quantité d'énergie calorifique à dissiper considérée dans les exemples de calcul est prise dans les conditions de puissance en service continue (PSC) ; le tableau 1-3 regroupe les autres cas. La localisation des températures est faite sur la figure 1-6.

*** Réfrigérant à plaques**

La température de sortie du fluide réfrigéré représente généralement le paramètre à contrôler ; ici, il s'agit de la température de sortie de l'eau douce intermédiaire : T_{n}^{s} .

D'après la relation suivante :

$$U A = \frac{Q}{\Delta T_{LM}} \qquad (1-9)$$

nous voyons que si UA diminue pour Q constant , le DT_{LM} augmente.

- Si T_{m}^{s} et T_{m}^{e} représentant les températures d'entrée et de sortie de l'eau de mer sont constantes, une augmentation du DT_{LM} entraîne l'augmentation des températures d'entrée et de sortie de l'eau douce intermédiaire.

- Le bilan thermique coté fluide chaud (eau douce intermédiaire) :

$$Q = \dot{m}_f \, c_f \, (\, T_f^s \, - \, T_f^e \,)$$

nous permet de déterminer T_c^e par la relation :

$$T_c^e = T_c^s + \frac{Q}{\dot{m}_c \, c_c} \qquad (1\text{-}10)$$

- Le bilan thermique côté fluide froid (eau de mer) sera :

$$Q = \dot{m}_c \, c_c \, (\, T_c^e \, - \, T_c^s \,)$$

Connaissant la température du fluide froid à l'entrée, la température à la sortie est donnée par la relation :

$$T_f^s = T_f^e + \frac{Q}{\dot{m}_f \, c_f} \qquad (1\text{-}11)$$

Nous pouvons ensuite déterminer le DT_{LM} associé par la relation (1-8), et en déduire la valeur de $(UA)_{min}$ en deça de laquelle, on risque de dépasser la température maximale de sortie du fluide réfrigéré. Nous avons pour ce faire élaboré un programme dont le sting se trouve à l'annexe A.

Application numérique

- fluide froid : eau de mer

Cp = 4.001 KJ / kg °C

débit = 335.3 kg / s

T_m^s = 43 °C

Q_1 = 12214 KW

- fluide chaud : eau douce intermédiaire

Cp = 4,18 KJ / kg °C

débit = 210 kg / s

T_{i1}^{M} = 40 °C

Les équations (1-10) et (1-11) donnent respectivement T_{i1}° = 53,9 °C et T_m° = 35,9 °C. Les quatres températures connues, la différence de température logarithmique moyenne peut être calculée ; nous trouvons : $(DT_{LM})_{1\text{-}maxi}$ = 6,2 °C soit 6,2 °K . La relation (1-9) donne : $(UA)_{1\text{-}min}$ = 1970 KW / °K

*** Réfrigérant air alternateur**

La procédure de calcul de $(UA)_{min}$ reste la même.

Application numérique

- fluide froid :eau douce intermédiaire

Cp = 4,18 KJ / kg °C

débit = 31,7 kg / s

T_{i2}° =38 °C

Q_2 = 246 KW

- fluide chaud : air alternateur

Cp = 1 KJ / kg °C

débit = 26,4 kg / s

T_e° = 40 °C

Les équations (1-10) et (1-11) donnent respectivement T_s° = 49.3 °C et T_{i2}°= 39,9°C. Les quatres températures connues, la différence de température logarithmique moyenne peut être calculée ; nous trouvons : $(DT_{LM})_{2\text{-}maxi}$ = 4,8 °C soit 4,8 °K . La relation (1-9) donne: $(UA)_{2\text{-}min}$ = 52 KW / °K

*** Réfrigérant air de suralimentation**

C'est un échangeur à deux étages de réfrigérations ; nous pouvons assimiler le DT_{LM} à la somme des différences de température moyenne entre l'entrée et la sortie de chaque étage ; ce qui nous permettra d'éliminer l'inconnu à savoir : la température de l'air à la sortie du premier étage.

Application numérique

- fluides froids :eau douce intermédiaire

- fluide chaud : air de suralimentation

eau douce moteur

T_{ec}^{e} = 90 °C

T_{ec}^{s} = 100 °C

T_{i3}^{e} =40°C

T_{i3}^{s} = 50 °C

T_{as}^{e} = 190 °C

T_{as}^{M} = 60 °C

Q_3 = 5005 KW

Nous trouvons : ($DT_{LM})_{3\text{-maxi}}$ = 55 °C soit 55 °K . La relation (1-9) donne :

$$(UA)_{3\text{-min}} = 84 \text{ KW / °K}$$

*** Réfrigérant huile moteur**

On revient à la procédure de calcul de $(UA)_{min}$ exposée au paragraphe "réfrigérant à plaques".

Application numérique

- fluide froid : eau douce intermédiaire

Cp = 4,18 KJ / kg °C

débit = 190,3 kg / s

T_{i4}^{e} = 50 °C

Q_4 = 1967 KW

- fluide chaud : huile moteur

Cp = 2,07 KJ / kg °C

débit = 102,4 kg / s

T_{h}^{M} = 60 °C

Les équations (1-10) et (1-11) donnent respectivement T_{h}^{e} = 69,3 °C et T_{i4}^{s}= 52,5 °C. La différence de température logarithmique moyenne est : ($DT_{LM})_{4\text{-maxi}}$ = 13,1 °K . La relation (1-9) donne: $(UA)_{4\text{-min}}$ = 286 KW / °K

*** Réfrigérant eau douce moteur**

La même procédure reste valable.

Application numérique

- fluide froid : eau douce intermédiaire

Cp = 4,18 KJ / kg °C

débit = 190,3 kg / s

- fluide chaud : eau douce moteur

Cp = 4,18 KJ / kg °C

débit = 165,3 kg / s

$T_{is}^{e} = 52,5$ °C $T_{ed}^{M} = 85$ °C

$Q_4 = 5093$ KW

Le programme donne : $T_{ed}^{s} = 92,4$ °C et $T_{is}^{s} = 58,4$ °C. La différence de température logarithmique moyenne est : $(DT_{LM})_{s\text{-}maxi} = 33$ °K ;

$$(UA)_{s\text{-}min} = 154 \text{ KW / °K}$$

*** Réchauffeur de ligne**

La température de sortie du fluide réchauffé représente le paramètre à contrôler.

Application numérique

- fluide froid : eau douce moteur
- fluide chaud : eau surchauffée

fluide froid : eau douce moteur	fluide chaud : eau surchauffée
Cp = 4,18 KJ / kg °C	Cp = 4,37 KJ / kg °C
débit = 11,1 kg / s	débit = 13,7 kg / s
$T_{ed}^{e} = 85$ °C	$T_{es}^{e} = 195$ °C

$Q_4 = 299$ KW

Le programme donne : $T_{ed}^{s} = 91,4$ °C ; $T_{es}^{s} = 190$ °C ; $(DT_{LM})_{s\text{-}maxi} = 104,2$ °K et

$$(UA)_{s\text{-}min} = 3 \text{ KW / °K}$$

- Interprétation des résultats

Pour un réfrigérant donné, $(UA)_{min}$ représente notre indicateur d'encrassement. C'est la limite en deça de laquelle, la température du fluide réfrigéré risque de dépasser la valeur maximale à la sortie du réfrigérant. Par contre pour un réchauffeur $(UA)_{min}$ représente le seuil en deça duquel le fluide réchauffé risque de ne pas atteindre sa température minimale de sortie. La détermination de cet indicateur s'est faite dans les conditions de charge suivante :

- à PSC : Puissance de Service Continu,

- à PMC : Puissance Maximale continue.

- et à PSU : Puissance de Service Unihoraire

Toutefois, il ne sera tenu compte que des valeurs de $(UA)_{min}$ dans les conditions de puissance de service continu (PSC), parce qu'on ne parvient plus à atteindre la puissance maximale du groupe.

Ainsi, on prendra les précautions nécessaires à l'approche de la valeur de $(UA)_{min}$ pour éventuellement programmer un arrêt, afin de procéder au nettoyage du réfrigérant concerné. Cependant il est important de noter que ses valeurs $(UA)_{min}$ devront faire l'objet de vérification aprés l'implantation de tous les capteurs ;

Tableau 1-3 : $(UA)_{min}$ pour les différents échangeurs

ECHANGEURS DE CHALEUR	**PUISSANCE DE FONCTIONNEMENT**			
		PSC	**PMC**	**PSU**
Réfrigérant à plaques	**Q [KW]**	12214	13167	14023
	$(UA)_{min}$ [KW/ °K]	1970	2124	2262
Réfrigérant air alternateur	Q	246	265	282
	$(UA)_{min}$	52	55	59
Réfrigérant air suralimentation	Q	4643	5005	5330
	$(UA)_{min}$	84	91	97
Réfrigérant huile moteur	Q	1967	2120	2258
	$(UA)_{min}$	286	162	172
Réfrigérant eau douce moteur	Q	5093	5490	5847
	$(UA)_{min}$	154	166	177

Réchauffeur eau douce moteur	Q	299	322	343
	$(UA)_{min}$	3.0	3.1	3.3

La figure 1-8 donne l'allure de la courbe de UA en fonction du temps.

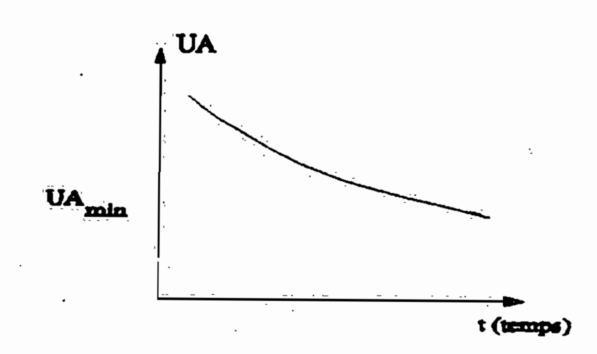
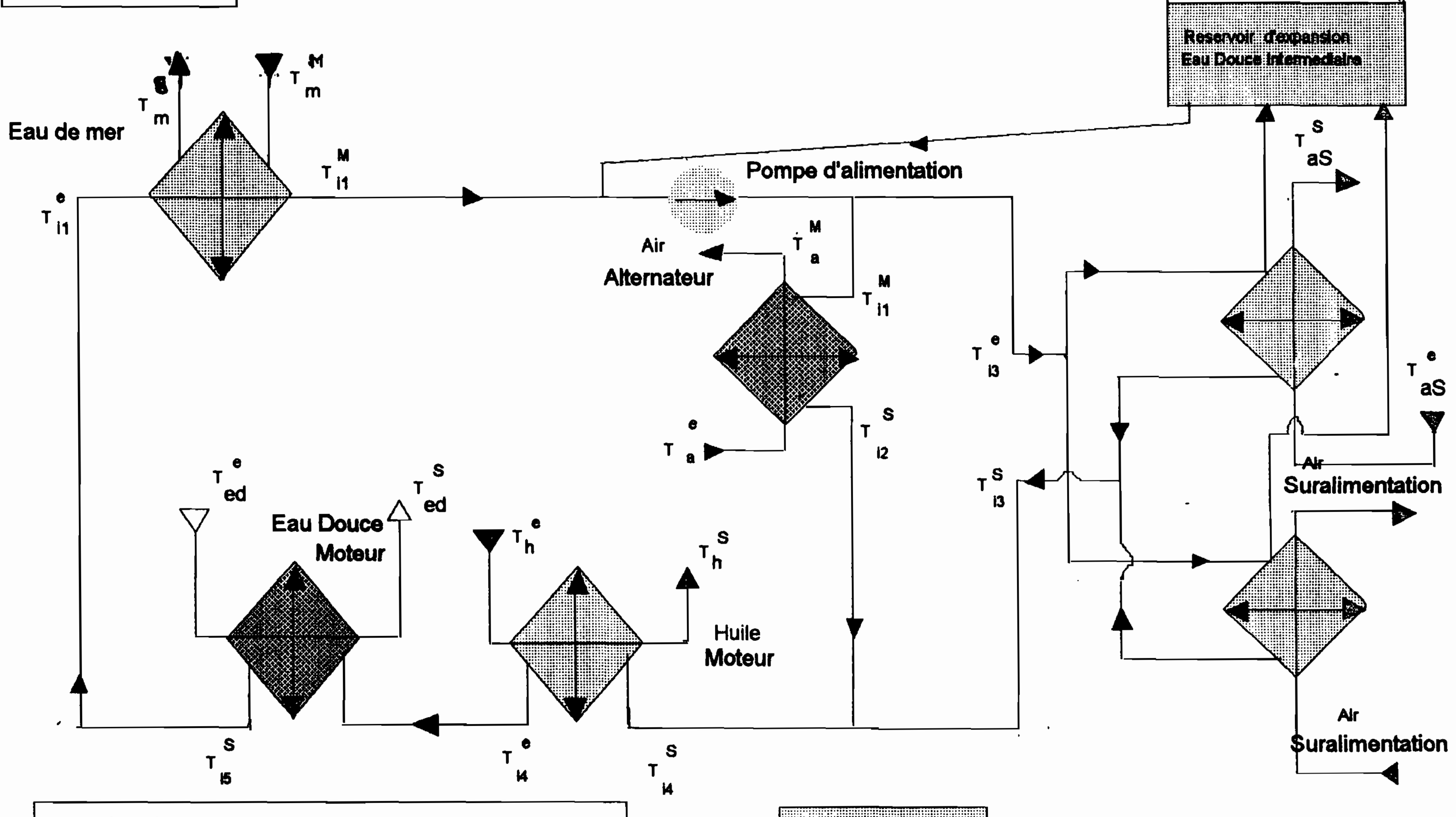


Figure 1-6: Allure de la courbe UA = F(t)

CIRCUIT EAU DOUCE INTERMEDIAIRE MESURE DE TEMPERATURE

GROUPE 402



Realisation : Amadou Mansour DIENG
5 EM - EPT

Figure 1-7

CIRCUIT EAU DOUCE MOTEUR

MESURE DE TEMPERATURE

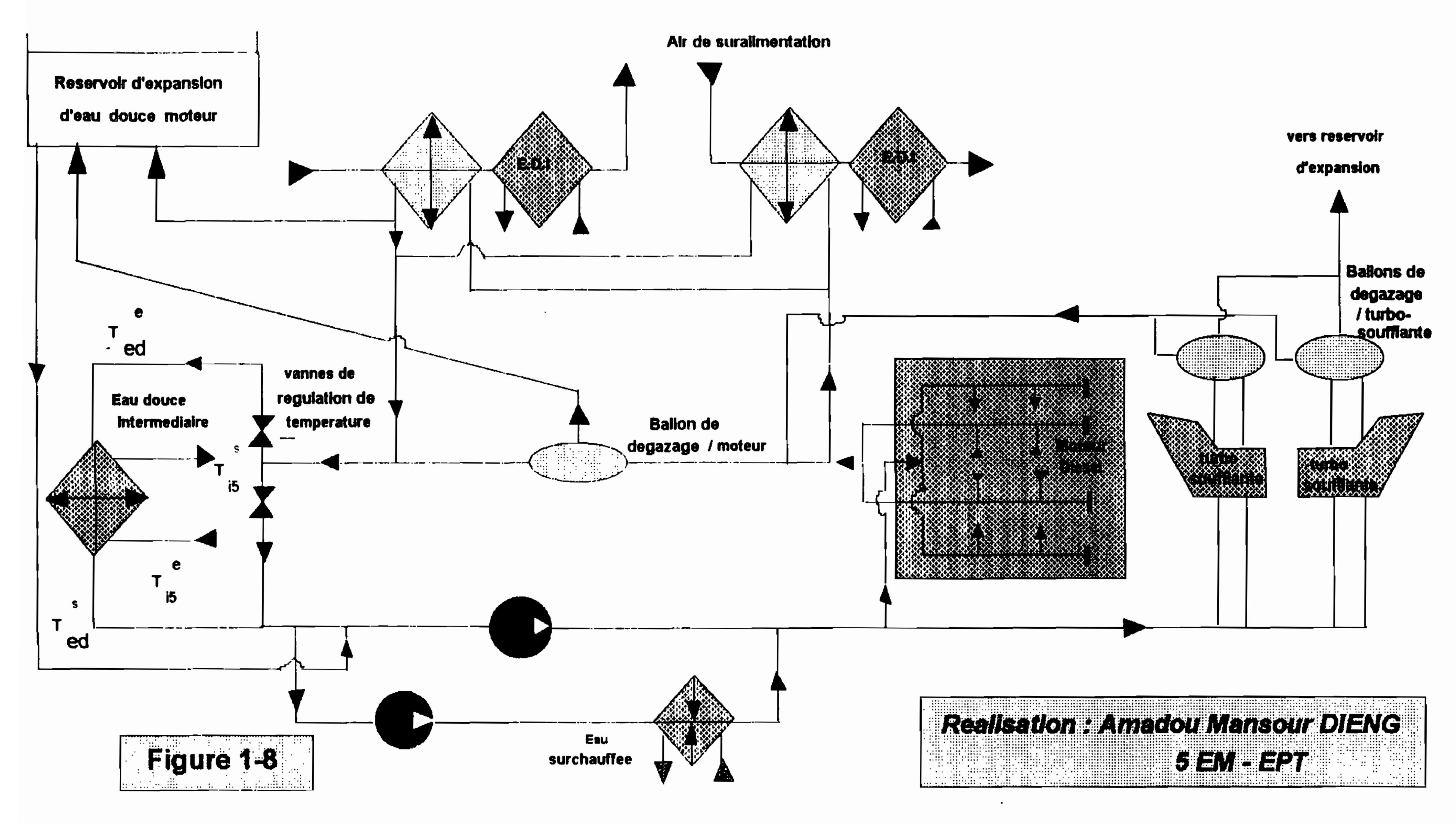


Figure 1-8

1-5-2. calculs hydrodynamiques

Un fluide qui circule dans un tuyau peut être soumis à deux types d'écoulement:

- l'écoulement laminaire, qui est un écoulement stratifié sans brassage des particules liquides et sans pulsation de vitesses ;
- l'écoulement turbulent, qui s'accompagne d'un brassage intense du liquide et de pulsations de vitesses et de pressions.

Le critère qui nous permet de juger du régime d'écoulement qui existe dans un tuyau est le nombre de Reynolds :

$$R_e = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{\textit{Force inertie}}{\textit{Force visqueuse}}$$

avec ρ : masse volumique [kg / m³]

V : vitesse du fluide [m /s]

D : diamètre du tuyau [m]

μ : viscosité dynamique [kg.s / m]

Dans le cas des conduites cylindriques, l'écoulement est considéré comme turbulent quand $R_e > 2000$. En pratique, l'écoulement dans les tuyaux est généralement du type turbulent.

Lorsqu'un fluide circule dans une conduite, une partie de l'énergie emmagasinée se dissipe par frottement. Ces pertes hydrauliques se divisent en deux catégories :

- pertes de charge dues au frottement ou linéaires,
- pertes de charges singulières ou locales : généralement causées par des coudes,

vannes, et/ou des élargissement et rétrécissement brusques ou graduels.

Les pertes de charge linéaires sont données par la formule de Darcy-Weisbach:

$$H_f = f \frac{L_i}{D} \frac{V^2}{2g} \qquad (1\text{-}16)$$

où f : représente le coefficient de frottement

- L : la longueur du tuyau en mètre
- D : le diamètre du tuyau en mètre
- V : la vitesse du fluide en mètre / seconde
- g : l'accélération de la pesanteur en mètre / sec²

Les pertes de charge singulières s'expriment par la relation :

$$H_k = K \frac{V^2}{2g} = f \frac{L_e}{D} \frac{V^2}{2g} \qquad (1\text{-}17)$$

avec L_e : la longueur équivalente de la singularité.

On en déduit alors la perte de charge totale :

$$H_F = \Delta P = f \frac{L_t}{D} \frac{V^2}{2g} \qquad avec \quad L_t = L + L_e$$

En exprimant la vitesse en fonction du débit d'une conduite cylindrique, la relation devient:

$$\Delta P = \frac{8}{\pi} f \frac{L_t}{D^5} Q^2$$

Ainsi, l'indicateur hydrodynamique est donné par l'expression (1-18) :

conclusion : Le suivi de l'indicateur Ψ se fera grâce à l'utilisation de capteurs de

$$\psi = \frac{\Delta P}{Q^2} \qquad avec \quad \psi = \frac{\dot{8}}{\pi} f \frac{L_t}{D^5} \qquad (1\text{-}18)$$

pression différentielle et de débit pour chaque circuit de fluide de l'échangeur de chaleur. IL nous permettra de contrôler l'encrassement, pour éviter l'érosion due à l'augmentation de la vitesse du fluide qui, est créée par une diminution de la section de passage consécutive à des dépôts d'impuretés sur les surfaces d'échange.

1-6. EFFICACITE THERMIQUE DES ECHANGEURS

Pour caractériser les performances thermiques d'un échangeur, une autre démarche consiste à la comparaison de sa puissance thermique de service avec le flux maximum.

$$q_{max} = (\dot{m}c)_{min} (T_c^e - T_f^e)$$

L'efficacité thermique de l'échangeur sera alors définie par :

$$E = \frac{\dot{m}_c c_c (T_c^e - T_c^s)}{q_{max}} = \frac{\dot{m}_f c_f (T_f^s - T_f^e)}{q_{max}} \qquad (1\text{-}19)$$

Etant donné que le but d'un réfrigérant est d'extraire des calories à un fluide chaud, on s'intéressera alors à l'efficacité relative côté fluide chaud ; c'est à dire :

$$E = \frac{\dot{m}_c c_c (T_c^e - T_c^s)}{q_{max}}$$

Le contrôle de l'efficacité E, pour chaque échangeur de chaleur de surface nous permettra de connaître à chaque instant leur taux d'utilisation.

ACQUISITION DE DONNEES - LES CAPTEURS

2-1. PRINCIPES FONDAMENTAUX

2-1-1. Définitions et caractéristiques générales

La grandeur physique objet de la mesure : déplacement, température, pression etc... est désignée comme le mesurande et représenté par m ; l'ensemble des opérations expérimentales qui concourent à la connaissance de la valeur numérique du mesurande constitue son mesurage.

Lorsque le mesurage utilise des moyens électroniques de traitement de signal, il est nécessaire de produire à partir du mesurande une grandeur électrique qui en soit une représentation aussi exacte que possible : ceci signifie que la grandeur électrique et ses variations apportent toute l'information nécessaire à la connaissance du mesurande. Le **capteur** est le dispositif qui, soumis à l'action d'un mesurande non électrique présente une caractéristique de nature électrique (charge, tension, courant, ou impédance) désignée par s et qui est fonction du mesurande :

$$s = F(m)$$

s : grandeur de sortie ou réponse du capteur

m : grandeur d'entrée ou excitation

La relation s = F(m) résulte dans sa forme théorique des lois physiques qui régissent le fonctionnement du capteur et dans son expression numérique de sa construction (géométrie, dimensions), des matériaux qui le constituent et éventuellement

de son environnement et de son mode d'emploi (température, alimentation).

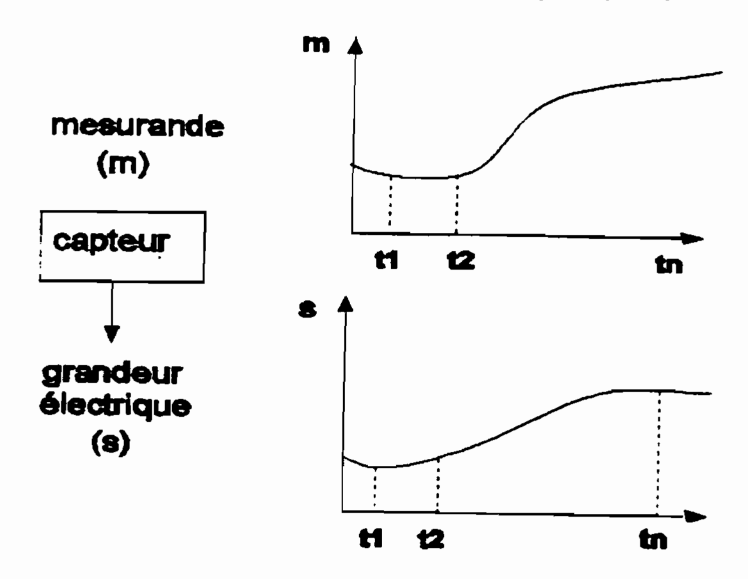


Figure 2.1 : Représentaion de la grandeur mesurée

Pour tout capteur la relation s = F(m) sous sa forme numérique exploitable est explicitée par étalonnage : pour un ensemble de valeurs de m connues avec précision, on mesure les valeurs correspondantes de s, ce qui permet de tracer la courbe d'étalonnage : figure:2.2.

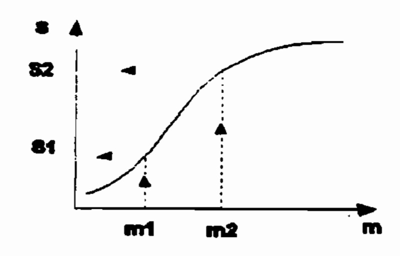


Figure 2.2 : Courbe d'étalonnage d'un capteur, son établissement

Pour des raisons de facilité d'exploitation on s'efforce de réaliser ou du moins d'utiliser le capteur, en sorte qu'il établisse une relation linéaire entre les variations Ds de la grandeur de sortie et celles Dm de la grandeur d'entrée :

$$Ds = S.Dm$$

avec S : la sensibilité du capteur.

Cependant un des problèmes importants dans la conception et l'utilisation d'un capteur est la constance de sa sensibilité S qui doit dépendre aussi peu que possible :

- de la valeur de m (linéarité) et de sa fréquence de variation (bande passante)
- du temps (vieillissement)
- de l'action d'autres grandeurs physiques, de son environnement qui ne sont pas l'objet de la mesure et que l'on désigne comme grandeurs d'influence.

En tant qu'élément de circuit électrique, le capteur se présente, vu de sa sortie, soit comme un générateur, s étant une charge, une tension ou un courant et il s'agit alors d'un capteur actif. Soit comme une impédance, s étant une résistance, une inductance ou une capacité : le capteur est alors dit passif.

Cette distinction entre capteurs actif et passif basée sur leur schéma électrique équivalent traduit en réalité une différence fondamentale dans la nature même des phénomènes physiques mis en jeu.

Le signal électrique est la partie variable du courant ou de la tension qui porte l'information liée au mesurande : amplitude et fréquence du signal doivent être liées

sans ambiguïté à l'amplitude et à la fréquence du mesurande. Un capteur actif qui est une source, délivre immédiatement un signal électrique ; il n'est pas de même d'un capteur passif dont les variations d'impédance ne sont mesurables que par les modifications du courant ou de la tension qu'elles entraînent dans un circuit par ailleurs alimenté par une source extérieure. Le circuit électrique nécessairement associé à un capteur constitue son conditionneur et c'est l'ensemble du capteur et du conditionneur qui est la source du signal électrique.

2-2. TYPE DE CAPTEURS

IL existe des capteurs de toute nature ; cependant seuls les capteurs produisant des informations électriques sont associables à une instrumentation électronique analogique ou numérique , et à ce titre, seront considérés dans notre étude. Parmi ces capteurs on peut distinguer deux catégories :

- les capteurs à relation directe,
- les capteurs à relations composites.

2-2-1. Capteurs à relation directe

* capteurs actifs

Fonctionnant en générateur, un capteur actif est généralement fondé dans son principe sur un effet physique qui assure la conversion en énergie électrique de la forme d'énergie propre du mesurande : énergie thermique, mécanique ou de rayonnement. Les plus importants parmi ces effets, utilisés par les capteurs de notre projet sont regroupés au tableau 2-1.

Tableau 2.1 : principe physique de base des capteurs actifs

Mesurande	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Force Pression Accélération	Piézo-électricité	Charge
Vitesse	Induction électromagnétique	Tension

Effet thermoélectrique. Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente dont les jonctions sont à des températures T_1 et T_2 est le siège d'une force électromotrice : $e = f(T_1, T_2)$; figure 2.3a .

M : Matériau

Figure 2.3a : La mesure de e permet de retrouver T_1

Effet piézo-électrique. L'application d'une force et plus généralement d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électriques, le quartz par exemple, entraîne une déformation qui suscite l'apparition de charges électriques égales et de signes contraires sur les faces opposées ; figure 2.3b.

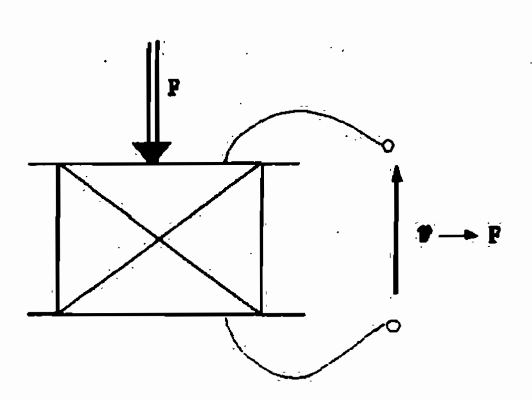


Figure 2.3b : La mesure de $\mathcal{V}$ permet de retrouver F

Effet d'induction électromagnétique. Lorsqu'un conducteur se déplace dans un champ d'induction fixe, il est le siège d'une f.e.m (force électromotrice) proportionnelle au flux coupé par unité de temps, donc à sa vitesse de déplacement ; figure 2.3c.

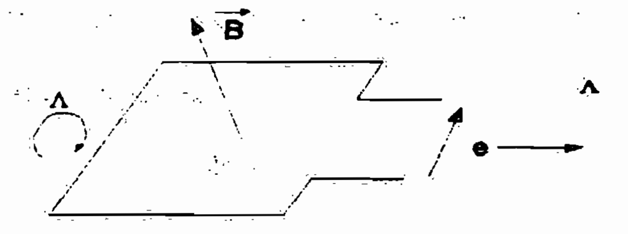


Figure 2-3c : La mesure de la f.e.m d'induction e permet de connaître la vitesse du déplacement Λ qui est à son origine.

*** capteurs passifs**

IL s'agit d'impédances dont l'un des paramètres déterminants est sensible au mesurande. Dans l'expression littérale d'une impédance sont présents des termes liés,

d'une part à sa géométrie et à ses dimensions,

d'autre part aux propriétés électriques des matériaux :

- résistivité r (résistance d'un conducteur rapporté à un cylindre de longueur et de section unitaires),
- perméabilité magnétique m (capacité d'une substance à se laisser traverser par un flux magnétique),
- constante diélectrique e (se dit d'une substance qui ne conduit pas le courant).

La variation d'impédance peut donc être due à l'action du mesurande soit sur les caractéristiques géométriques ou dimensionnelles, soit sur les propriétés électriques des matériaux , soit plus rarement sur les deux simultanément.

Les paramètres géométriques ou dimensionnels de l'impédance peuvent varier si le capteur comporte soit un élément mobile, soit un élément déformable. Dans le premier cas, à chaque position de l'élément mobile correspond une valeur de l'impédance et la mesure de celle-ci permet de connaître la position ; c'est le principe d'un grand nombre de capteurs de position ou de déplacement.

Dans le second cas, la déformation résulte des forces ou de grandeurs s'y ramenant (pression, accélération) appliquées soit directement soit indirectement au capteur . La modification d'impédance qu'entraîne la déformation est liée aux efforts auxquels celui-ci ou la structure intermédiaire se trouve soumis.

Les propriétés électriques des matériaux, selon la nature de ces derniers, peuvent

être sensibles à des grandeurs physiques : température, éclairement, pression, humidité...(tableau 2-2). L'une seule de ses grandeurs est susceptible d'évoluer, toutes les autres étant maintenues constantes, il s'établit une correspondance univoque entre la valeur de cette grandeur et celle de l'impédance du capteur.

Tableau 2.2. Capteurs passifs : principes physiques et matériaux.

Mesurande	Caractéristique électrique sensible	Types de matériaux utilisés
Température Trésor basse température	Résistivité Constante diélectrique	platine, nickel, cuivre, semi-conducteur Verres.
Déformation	Résistivité Perméabilité magnétique	Alliage de nickel, silicium dopé Alliages ferromagnétiques
Niveau	Constante diélectrique	Liquides isolants

L'impédance d'un capteur passif et ses variations ne sont mesurables que par une intégration du capteur, dans un circuit électrique, par ailleurs alimenté et qui est son conditionneur. Les types de conditionneurs les plus généralement utilisés sont :

- Le montage potentiométrique : association en série d'une source, du capteur et d'une impédance qui peut être ou non du même type ; figure 2.4a

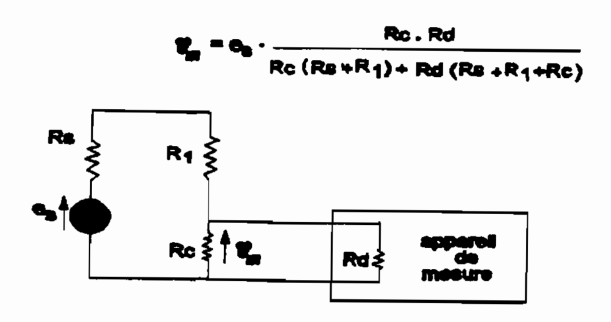


Figure 2.4a : Mesure de la tension aux bornes d'un capteur dans un montage potentiométrique

- Le pont d'impédances dont l'équilibre permet la détermination de l'impédance du capteur ou dont le déséquilibre est une mesure de la variation de cette impédance ;

- Le circuit oscillant qui contient l'impédance du capteur et qui est une partie d'un oscillateur dont il fixe la fréquence ;

- L'amplificateur opérationnel dont l'impédance du capteur est l'un des éléments déterminants de son gain.

2-2-2. Capteurs composites

Le corps d'épreuve est le dispositif qui, soumis au mesurande étudié en assure une première traduction en une autre grandeur physique non-électrique : le mesurande secondaire, qu'un capteur adéquat traduit alors en grandeur électrique (figure 2.5). L'ensemble formé par le corps d'épreuve et un capteur actif ou passif constitue un capteur composite.

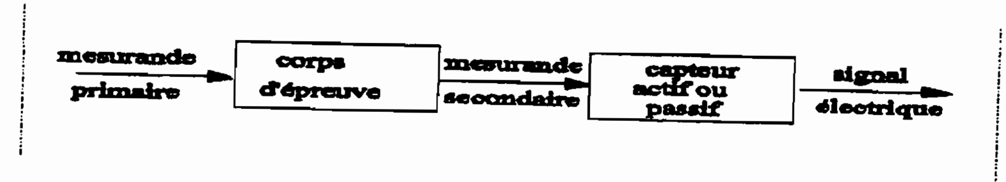


Figure 2.5: Structure d'un capteur composite

2-3. ERREURS DE MESURE

2-3-1. Erreurs systématiques

Pour une valeur donnée du mesurande, une erreur systématique est soit constante, soit à variation lente par rapport à la durée de mesure : elle introduit donc un décalage constant entre valeur vraie et valeur mesurée. Les erreurs systématiques ont généralement pour cause une connaissance erronée ou incomplète de l'installation de mesure. ou sa mauvaise utilisation ; ainsi on rencontre :

- les erreurs sur la valeur d'une grandeur de référence ;
- les erreurs sur les caractéristiques du capteur ;
- les erreurs dues au mode ou aux conditions d'emploi ;
- les erreurs dans l'exploitation des données brutes de mesure.

2-3-2. Erreurs accidentelles

L'apparition de ces erreurs comme leur amplitude et leur signe sont considérés comme aléatoires. Certaines des causes peuvent être connues mais les valeurs des erreurs qu'elles entraînent au moment de l'expérience sont inconnues.On rencontre comme causes :

- les erreurs liées aux indéterminations intrinsèques des caractéristiques instrumentales;
- les erreurs dues à la prise en compte par la chaîne de mesure des signaux parasites de caractère aléatoire ;
- les erreurs dues à des grandeurs d'influence.

2-4. LES GRANDEURS D'INFLUENCE

Le capteur, de par ses conditions d'emploi, peut se trouver soumis non seulement

au mesurande mais à d'autres grandeurs physiques dont les variations sont susceptibles d'entraîner un changement de la grandeur électrique de sortie qu'il n'est pas possible de distinguer de l'action du mesurande. Ces grandeurs physiques "parasites" auxquelles la réponse du capteur peut être sensible sont les grandeurs d'influence. Les principales grandeurs d'influence sont :

- la température qui modifie les caractéristiques électriques, mécaniques et dimensionnelles des composants du capteur ;
- la pression, l'accélération et les vibrations susceptibles de créer dans certains éléments constitutifs du capteur des déformations et des contraintes qui altèrent la réponse;
- l'humidité à laquelle certaines propriétés électriques comme la constante diélectrique ou la résistivité peuvent être sensibles et qui risque de dégrader l'isolation électrique entre composants du capteur ou entre le capteur et son environnement ;
- les champs magnétiques variables ou statiques : les premiers créent des f.é.m (forces électromotrices) d'induction qui se superposent au signal utile, les seconds peuvent modifier une propriété électrique, comme la résistivité lorsque le capteur utilise un matériau magnétorésistant.

Si l'on désigne par g_1, g_2 ... les grandeurs d'influence, la relation entre grandeur électrique de sortie s et mesurande m, qui dans le cas idéal serait : $s = F(m)$

devient $$s = F(m, g_1, g_2 \ldots)$$

Afin de pouvoir déduire de la mesure de s la valeur de m, il est donc nécessaire, soit de réduire l'importance des grandeurs d'influence au niveau du capteur en le protégeant par un isolement adéquat : supports antivibratoires, blindages magnétiques;

soit de stabiliser les grandeurs d'influence à des valeurs parfaitement connues et d'étalonner le capteur dans ces conditions de fonctionnement : enceinte thermostatée (lieu où la température est maintenue constante), hygroscopie contrôlée (contrôle de la quantité de la vapeur d'eau contenue dans l'air), sources d'alimentation régulées ; soit enfin d'utiliser des montages qui permettent de compenser l'influence des grandeurs parasites : pont wheastone avec un capteur identique placé dans une branche adjacente au capteur de mesure.

2-5. FIDELITE - JUSTESSE - PRECISION

La fidélité est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs accidentelles sont faibles : elle se traduit par des résultats de mesurage groupés autour de leur valeur moyenne. L'écart type dont l'importance reflète la dispersion des résultats est souvent considéré comme l'erreur de fidélité : il permet ainsi une appréciation quantitative de la fidélité. La valeur du mesurande la plus probable telle qu'elle résulte d'un ensemble de mesures. peut être connue avec une faible marge d'incertitude tout en étant éloignée de la valeur vraie du mesurande, si des erreurs systématiques importantes se sont superposées aux erreurs accidentelles.

La justesse est la qualité d'un appareillage de mesure dont les erreurs systématiques sont réduites : la valeur la plus probable da mesurande qu'un tel appareillage permet de déterminer est alors très proche de la valeur vraie.

La précision qualifie l'aptitude de l'appareillage de mesure à donner des résultats qui, individuellement, sont proches de la valeur vraie du mesurande : un appareillage précis est donc à la fois fidèle et juste.

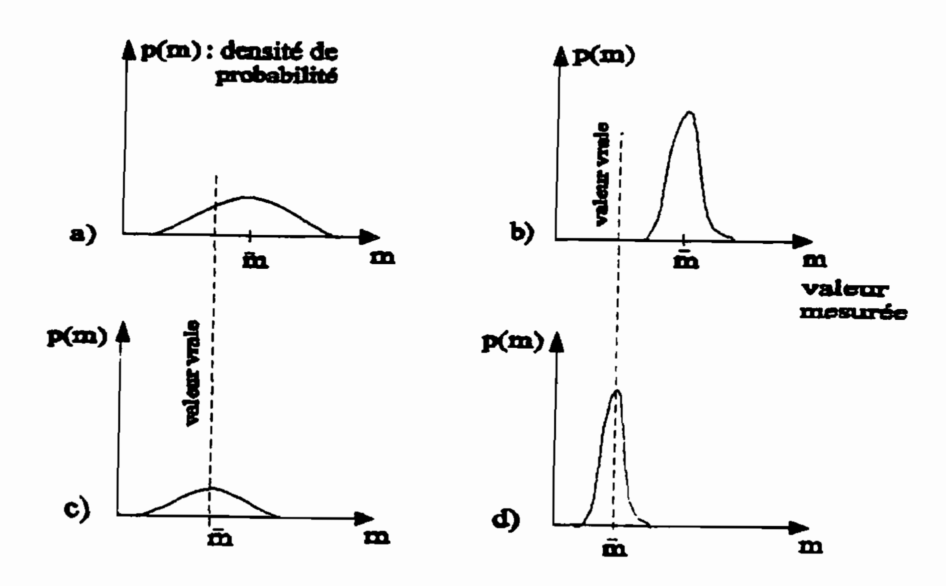


Figure 2-6 : Différents types de répartition des résultats de mesure.

a) erreurs systématiques et accidentelles importantes : appareillage ni juste, ni fidèle ;

b) erreurs systématiques importantes, erreurs accidentelles réduites : appareillage fidèle mais non juste;

c) erreurs systématiques faibles, erreurs accidentelles importantes : appareillage juste mais non fidèle ;

d) erreurs systématiques et accidentelles faibles : appareillage juste et fidèle donc précis.

2-6. CAPTEURS CHOISIS

Les calculs précédents font appel à un certain nombre de paramètres, à savoir : la pression, le débit et la température qui vont être déterminés par des capteurs. Nous pouvons à présent connaître le nombre adéquat de capteurs, nécessaire pour suivre correctement l'encrassement des échangeurs.

L'étude de l'existant a révélé que, deux températures étaient relevées par échangeur au lieu de quatre ; les capteurs de pression et de débit n'existaient pas pour la plupart de ces échangeurs. Nous avons donc, en accord avec l'existant, établi une fiche d'inventaire pour le matériel à commander. IL s'agit d'un ensemble de sondes, de convertisseurs et d'indicateurs pour les mesures de températures ; et des propositions de choix pour les capteurs de pression et de débit (annexe B).

CHAINE D'ACQUISITION DE DONNEES

3-1. INTRODUCTION

Les informations provenant d'un processus industriel sont généralement de deux types : - Informations analogiques, sous forme de signaux issus de capteurs ou de transmetteurs, et dont les variations continues traduisent les variations de grandeur physique à mesurer. Ces signaux, dans le cas présent, devront être des grandeurs électriques : résistance, courant, tension.

- informations << tout ou rien >>, traduites par des états divalents : contacts ouverts ou fermés, absence ou présence de tension. Ces informations tout ou rien pourront être groupées pour former des messages codés : ce sera le cas des mesures élaborées sous forme numérique.

Les informations provenant du processus industriel qui fait l'objet de notre étude sont du type analogique. Elles sont disponibles à la sortie des différents capteurs qui, ont été choisis compte tenu de l'étude technique effectuée sur les échangeurs de chaleur. La chaîne de mesure analogique d'un ordinateur connecté à un processus industriel est destiné à rassembler des signaux, à les mettre en forme et à en donner la valeur sous forme d'un nombre binaire.

Le capteur représente le premier maillon de la chaîne de mesure, et donc toute la justesse et la fidélité des mesures dépend de cet élément. L'organe central d'une telle chaîne est le convertisseur analogique-numérique, qui est généralement unique, étant donné son coût. De ce fait, il sera nécessaire de multiplexer les voies d'entrées afin de

les mesurer successivement. De plus, une amplification sera parfois nécessaire pour effectuer la mesure dans de bonnes conditions. Nous serons donc amenés, dans ce chapitre à décomposer la chaîne en divers éléments.

3-2. AMPLIFICATION

Il est souvent fait usage d'amplificateurs pour adapter les signaux à mesurer à l'échelle du convertisseur. Cette adaptation porte sur plusieurs points :

- adaptation de niveau : les convertisseurs analogique-numérique ont souvent une échelle 0-10 V, exceptionnellement 0-1 V. Pour certains signaux ayant une échelle 0-1 mV, voire moins, une amplification importante est nécessaire. Par ailleurs certains capteurs délivrent des signaux de polarité négative qu'il faudra inverser ;
- adaptation d'impédance : l'impédance d'entrée d'un convertisseur peut être faible, ce qui risque de perturber la source de signaux, et oblige par conséquent à intercaler un amplificateur à haute impédance d'entrée. Réciproquement, certains convertisseurs nécessitent une faible impédance de source, ce qui n'est pas toujours le cas avec les capteurs industriels courants. Il sera alors fait usage d'un amplificateur adaptateur d'impédance, à faible impédance de sortie ;
- réjection en mode commun : il existe très souvent une différence de potentiel entre la masse d'un capteur et la masse de la chaîne d'acquisition analogique de l'ordinateur. Cette tension de mode commun peut être due entre autre à l'existence de courants de circulation entre masses et peut atteindre plusieurs dizaines ou centaines de volts. Il est donc nécessaire de l'éliminer, de la << réjecter >>. Cette fonction est également confiée à un amplificateur différentiel à entrée flottante, qui peut être portée par rapport à la

masse du système à une tension de mode commun V_{mc} (figure 3-1).

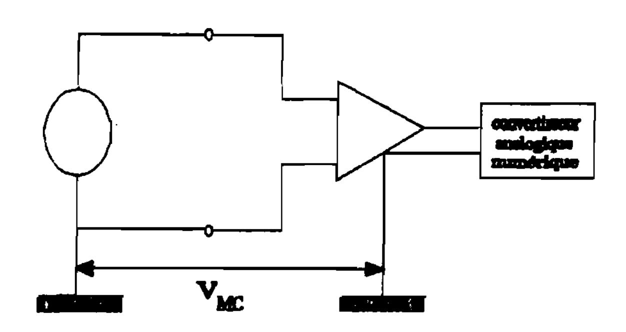


Figure 3-1 : Tension en mode commun

3-3. FILTRAGE

Pour effectuer un échantillonnage correct du signal analogique, on se doit de respecter le théorème de Shannon : " Pour que le message contenu dans un signal soit récupérable après échantillonnage, il faut que ce dernier opère à une cadence au moins double de la composante fréquentielle la plus élevée du signal ". Cependant cette fréquence maximale varie avec chaque signal, et mathématiquement elle est infinie. Ainsi pour remédier à cela, il sera procédé à un filtrage des signaux par un filtre passe bas de fréquence de cassure imposée, qui coupe à une même fréquence tous les signaux qui arrivent.

3-4. MULTIPLEXAGE

Le but du multiplexage est de présenter successivement sur une même voie différents signaux acheminés chacun sur une voie séparée. Cette fonction sera réalisée par un multiplexeur, ou scrutateur.

3-4-1. Multiplexeur analogique

Un multiplexeur de tensions analogiques doit présenter sur son unique sortie l'une des N tensions appliquées à ces N entrées. Cette transmission s'effectue avec une certaine qualité et la voie à sélectionner est désignée au moyen d'une adresse binaire. Un multiplexeur analogique est constitué de la manière suivante : un ensemble de N interrupteurs, électromécaniques(lents) ou électroniques, qui sont reliés à un même point (la sortie) à la suite duquel un amplificateur d'adaptation peut être éventuellement placé.

3-5. ECHANTILLONNEURS-BLOQUEURS

Lorsque le signal à mesurer varie très rapidement, il est possible que l'amplitude de sa variation pendant la durée de la conversion soit supérieure à la précision du convertisseur. Auquel cas il existe une incertitude sur la validité du résultat. En d'autres termes, la bande passante du système est limitée. Pour pallier cet inconvénient, on a été amené à imaginer un dispositif capable de suivre les variations du signal, et d'en garder la valeur à un instant donné.

Ce dispositif, qui porte le nom d'échantillonneur-bloqueur est généralement réalisé à l'aide d'un condensateur (figure 3-2).

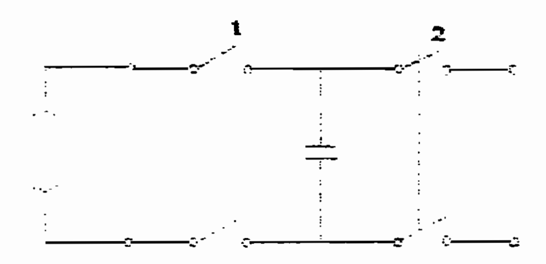


Figure 3-2 : Echantillonneur - bloqueur

IL fonctionne de la façon suivante :

- le condensateur étant déchargé, et les deux contacts ouverts, le contact 1 est fermé pendant un temps suffisant pour que le condensateur puisse se charger à la valeur de la tension du signal (période de poursuite) ;

- au moment de la conversion, le contact 1 est ouvert, et le condensateur reste chargé à la valeur du signal au moment de la commutation ;

- le contact 2 est alors fermé, et la tension aux bornes du condensateur est présentée au convertisseur (période d'échantillonnage).

On définit pour ce système les paramètres suivants :

- le temps de charge du condensateur: il dépendra en particulier de la résistance du circuit de charge, qui devra être aussi faible que possible, d'autant plus que la valeur du condensateur doit être élevée ;

- le temps de blocage pendant lequel la diminution de la valeur de la tension aux bornes sera inférieure à la précision du convertisseur. il sera nécessaire que la constante de temps du circuit condensateur-impédance d'entrée du convertisseur, soit élevée. La valeur de la capacité étant limitée par la durée de charge en période de poursuite, il importe que l'impédance d'entrée du convertisseur soit grande ;

- la durée d'indétermination, qui est le temps d'ouverture du contact 1. On ne saura pas en effet à quel instant précis le signal aura été échantillonné dans cet intervalle,qui correspond à la durée de conversion dans un système non muni d'un échantillonneur-bloqueur.

Pratiquement, le montage utilisé est plus complexe, et fait généralement appel à

un amplificateur qui permet, en particulier, d'assurer une constante de temps de charge faible (sortie à faible impédance) ; figure 3-3.

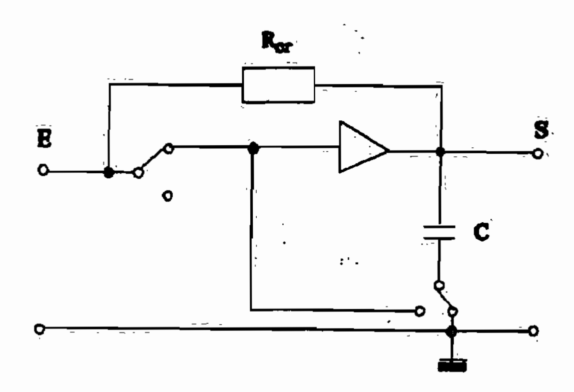


Figure 3-3 : Echantillonneur - bloqueur à amplification

3-6. CONVERTISSEUR NUMERIQUE- ANALOGIQUE

Le convertisseur numérique-analogique est un organe qui transforme un nombre, exprimé en code binaire dans notre cas, en un signal "tension électrique" dont la valeur est proportionnelle au nombre considéré. IL existe plusieurs méthodes et circuits pour matérialiser la conversion numérique-analogique que l'on vient de décrire. Cependant nous pouvons nous limiter à une des méthodes élémentaires (figure 3-4) qui donne une idée des principes utilisés.

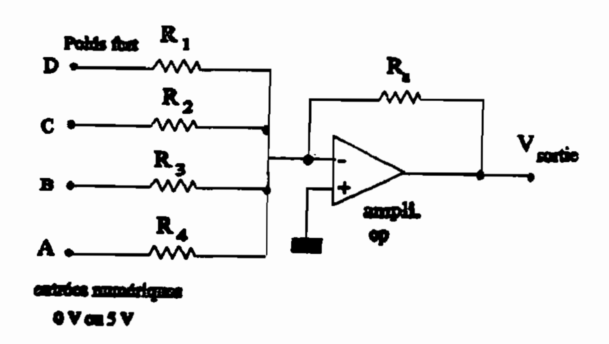


Figure 3-4 : Convertisseur NA élémentaire à 4 bits utilisant un amplificateur opérationnel de sommation

3-6-1. Principe

L'amplificateur opérationnel est employé comme amplificateur de sommation dont la sortie est égale à la somme pondérée des tensions d'entrée. La tension de sortie, pour chaque branche de l'amplificateur de sommation est donnée par la relation suivante :

$$V_{sortie} = -\frac{R_s}{R_i} V_i \qquad i = 1, 2, 3, 4$$

Ainsi nous en déduisons la tension de sortie totale :

$$V_{sortie} = -\left(\frac{R_s}{R_1} V_1 + \frac{R_s}{R_2} V_2 + \frac{R_s}{R_3} V_3 + \frac{R_s}{R_4} V_4 \right)$$

3-7. CONVERTISSEUR ANALOGIQUE-NUMERIQUE Annexe

Le signal à mesurer a été adapté, filtré, amplifié et éventuellement échantillonné, et il est prêt à être converti sous forme numérique.

3-7-1. Principe

IL existe de nombreux principes de fonctionnement du convertisseur analogique-

numérique, mais le plus courant est le suivant :

le signal à mesurer V_x est comparé à la tension élaborée par un convertisseur numérique-analogique. Une logique de commande fait évoluer l'état de ce dernier jusqu'à ce que l'égalité soit obtenue ; la mesure sous forme numérique du signal est alors disponible (figure 3-5).

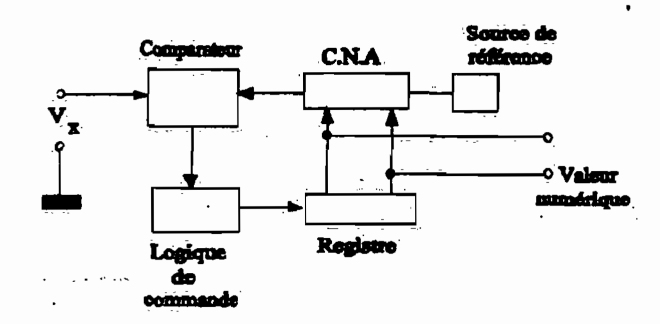


Figure 3-5 : Convertisseur analogique - numérique
Schéma fonctionnel

L' ensemble comprend donc :

- un comparateur de tension ;
- un convertisseur numérique-analogique décrit ci-dessus ;
- une logique de commande qui peut être réalisée sous différentes formes ;
- un registre qui contiendra le résultat de la mesure.

3-7-2. Comparateur de tension

Cet organe reçoit les deux tensions à comparer et a pour fonction d'indiquer laquelle de ces deux tensions est la plus grande, ou plus précisément quel est le signe de leur différence. On utilise pour ce faire un amplificateur opérationnel dans un montage en boucle fermé (figure 3-6). Les tensions à comparer sont soustraites dans

le circuit d'entrée, et la différence V_x - V_r est appliquée à l'amplificateur. Les deux diodes montées tête-bêche dans la boucle définissent la forme de la courbe de réponse (figure 3-7), et l'amplificateur travaille entre deux zones de saturation, avec un passage rapide d'une zone à l'autre aux alentours du zéro. L'amplificateur est suivi de deux portes à diodes en opposition qui délivrent un niveau logique 1 lorsque la polarité du signal de sortie de l'amplificateur en commande l'ouverture.

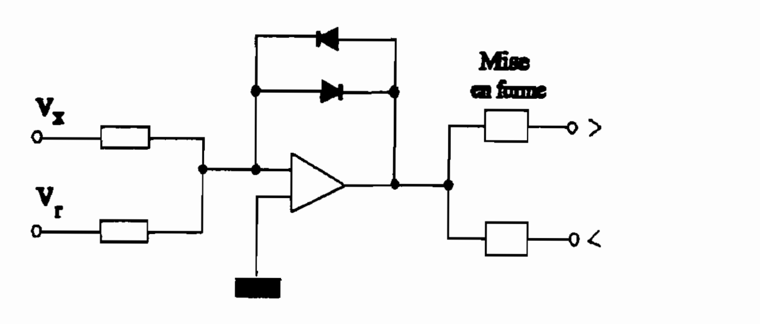


Figure 3-6 : Montage comparateur

Figure 3-7 : Courbe de réponse d'un comparateur

3-7-3. Logique de commande

IL existe de nombreuses méthodes de commande du convertisseur numérique-analogique destiné à élaborer la tension de comparaison. Toutefois on se limitera à la méthode de l'approximation successive, qui est utilisée au niveau de la carte d'acquisition de données et, considérée dans notre étude.

*** Méthode par approximations successive**

Dans cette méthode (figure 3-8), la logique de commande modifie le contenu du registre bit par bit, jusqu'à ce que la donnée qui s'y trouve soit l'équivalent numérique du signal analogique V_x (compte tenu de la résolution du convertisseur). Le déroulement

de la procédure est la suivante :

A partir de l'ordre de conversion (DEBUT), le registre étant à zéro :

1 - la logique de commande met à "1" le bit de poids fort (MSB) du registre, et tous les autres à "0" . La valeur de ce registre est convertie analogiquement par le convertisseur numérique-analogique et comparée à la tension d'entrée V_x ;

2 - si le résultat de la comparaison est $V_x > V_a$ la logique de commande doit laisser le bit (MSB) à "1", dans le cas contraire il doit le remettre à "0" ;

3 - la logique de commande doit recommencer le même travail pour le bit suivant (MSB-1), et ainsi de suite, jusqu'à égalité des deux tensions. La méthode à approximation successive exige un cycle d'horloge par bit. Ainsi les convertisseurs analogique-numérique qui utilise cette méthode ont, l'avantage d'avoir des temps de conversion beaucoup plus court, et une durée de conversion fixe qui est indépendante de la valeur de l'entrée analogique. L'organigramme du travail de la logique de commande est celui de la figure 3-9.

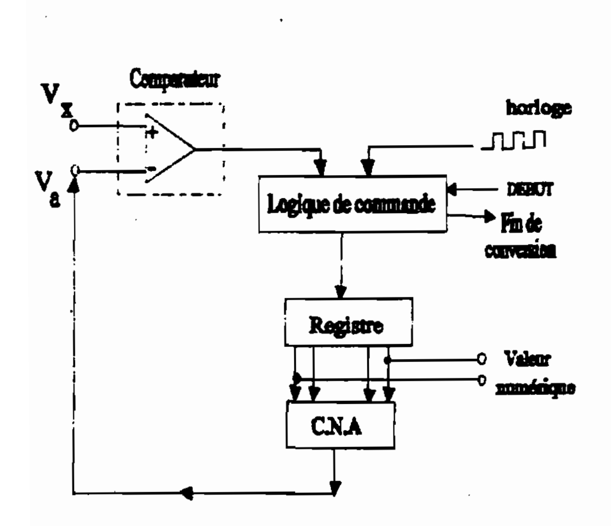


Figure 3-8 : Schéma fonctionnel d'un convertisseur A-N par approximation successive

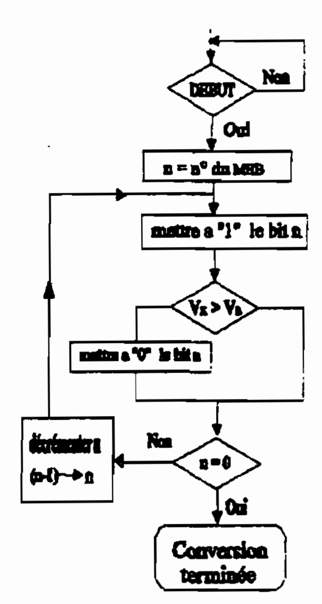


Figure 3-9 : Organigramme de la logique de commande d'un C.A.N à approximation successivee de la logique de commande

3-8. LA CHAINE DE MESURE

La chaîne de mesure (figure 3-10) est constituée de l'ensemble des dispositifs, y compris le capteur, rendant possible dans les meilleures conditions la détermination précise de la valeur du mesurande.

A l'entrée de la chaîne, le capteur soumis à l'action du mesurande permet, directement s'il est actif ou par le moyen de son conditionneur s'il est passif, d'injecter dans la chaîne le signal électrique, support de l'information liée au mesurande.

A la sortie de la chaîne, le signal électrique qu'elle a traité est converti sous une forme qui rend possible la lecture directe de la valeur cherchée du mesurande :

- déviation d'un appareil à cadre mobile ;
- enregistrement analogique graphique ou oscillographique ;
- affichage ou impression d'un nombre, (chapitre 4).

C'est l'étalonnage de la chaîne de mesure dans son ensemble qui permet d'attribuer à chaque indication en sortie, la valeur correspondante du mesurande agissant à l'entrée.

Sous sa forme la plus simple, la chaîne de mesure peut se réduire au capteur, et à son conditionneur éventuel, associé à un appareil de lecture :

- thermocouple et voltmètre ;
- jauge de contrainte placée dans un pont de wheatstone, avec pour instrument de lecture un voltmètre.

Cependant les conditions pratiques de mesure telles qu'elles sont imposées par

l'environnement d'une part et par les performances exigées pour une exploitation satisfaisante du signal d'autre part amènent à introduire dans la chaîne des blocs fonctionnels destinés à optimiser l'acquisition et le traitement du signal :

- circuit de linéarisation du signal délivré par le capteur,
- amplificateur d'instrumentation ou d'isolement destiné à réduire les tensions parasites de mode commun,
- multiplexeur, amplificateur d'instrumentation programmable, échantillonneur-bloqueur, convertisseur analogique-digital lorsque l'information doit être traitée par calculateur,
- convertisseur tension-courant ou tension-fréquence lorsque le signal doit être transmis à distance par câble,
- modulateur de fréquence dans le cas de télémesure par voie hertzienne.

Il y a lieu d'insister ici sur les fonctions multiples et importantes qui sont dévolues au calculateur associé à la chaîne de mesure et qui peuvent être regroupées sous deux rubriques :

- gestion de l'acquisition d'une part,
- traitements du signal requis par la précision et la nature de l'information cherchée d'autre part.

Le calculateur est le chef d'orchestre de la chaîne d'acquisition ; il délivre les séquences de signaux de commande activant de façon ordonnée, les divers dispositifs concourant à l'obtention de la valeur du mesurande particulier, dont la connaissance est nécessaire au déroulement de l'application :

- sélection d'une voie d'entrée par envoi d'adresse au multiplexeur,

- fixation du gain de l'amplificateur programmable,

- échantillonnage puis blocage du signal,

- déclenchement de la conversion analogique-numérique,

- lecture de la donnée numérique à réception du signal de fin de conversion délivré par le convertisseur analogique-numérique.

En aval de la chaîne d'acquisition, le calculateur gère les périphériques classiques d'entrée-sortie :

- clavier permettant l'introduction, pour prise en compte par la chaîne, d'ordres et de modifications de paramètres de mesures,

- mémoire de masse pour l'archivage des mesures

- affichage du résultat de la mesure en cours par le **LABTECH** et **REALTIME VISION**.

La possibilité offerte par les calculateurs d'effectuer des opérations mathématiques sur le signal numérisé est exploitée à deux fins :

- correction des dérives de zéro et de sensibilité, causées par les grandeurs d'influence, température en particulier,

- correction de la non-linéarité des capteurs afin d'obtenir une donnée proportionnelle au mesurande.

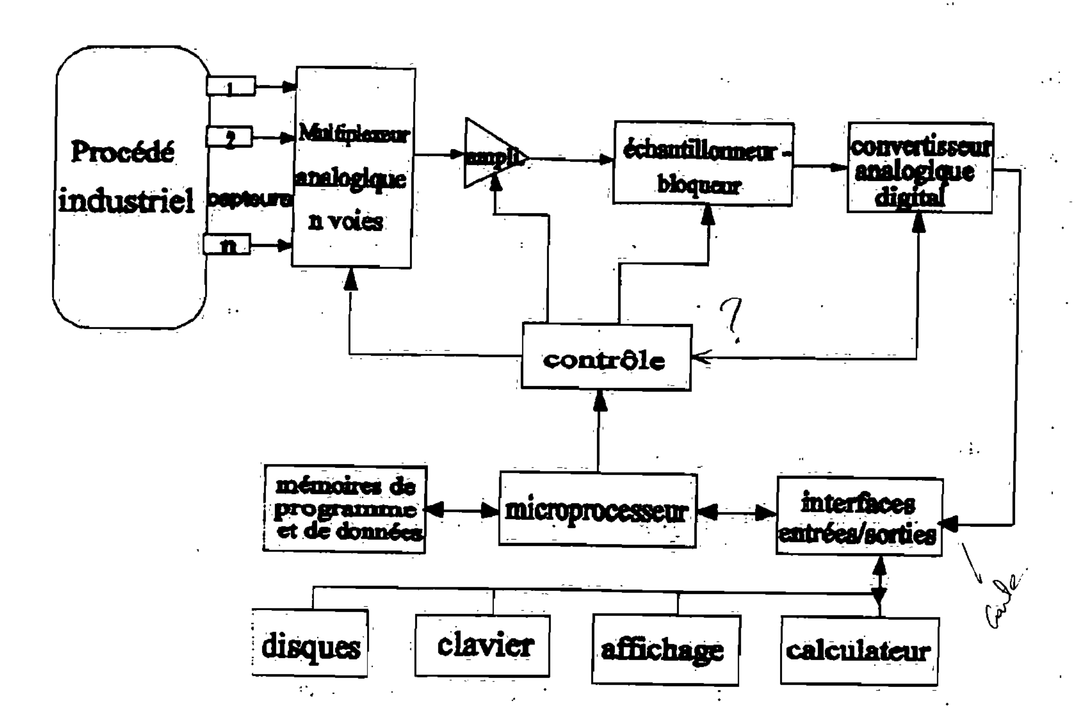


Figure 3-10 : Système d'acquisition de données

3-9. CRITERES DE CHOIX

Pour une application déterminée, la sélection d'un système d'acquisition s'établit en fonction d'un certain nombre de critères, notamment :

- la résolution et la précision,
- le nombre de canaux à traiter,
- la vitesse d'échantillonnage par canal,
- la réjection en mode commun,
- l'isolation entre canaux et par rapport à l'unité de conversion,
- l'utilisation d'un amplificateur à sélecteur de gain,
- le coût du système.

Compte tenu de ces différents critères, nous avons choisis pour notre système la carte d'acquisition RDAS qui présente les caractéristiques suivantes :

- 8 entrées différentielles ou 16 entrées analogiques simples ;
- Un convertisseur A/D, qui est spécialement conçu pour être utilisé dans des endroits bruyants ; il peut prendre 40 à 60 échantillons par seconde avec une résolution effective de 15 bits.
- Il est compatible avec le **LABTECH NOTEBOOK** .

3-10. PRESENTATION DE LA CARTE DE SIMULATION

3-10-1. Les composants

Le PCL-812 (figure 3-11) est une carte pour IBM/PC / XT/ AT et compatibles. Elle est hautement performante, et a plusieurs fonctions sur l'acquisition de données. Elle est accompagnée d'un support logiciel qui permet de développer plusieurs applications dont:

- L'acquisition de données
- Le contrôle de processus
- Le vérificateur automatique
- L'automatisation d'une usine.

Signal analogique : Lorsque la valeur du signal électrique est proportionnelle en tout temps à celle du signal physique représenté, alors le signal est analogique.

Signal digital : C'est un signal qui n'existe que pour certains intervalles de temps et qui ne peut prendre que certaines valeurs.

Continu : C'est un signal qui est défini en tout temps.

Quantifié : Se dit d'un signal qui a un nombre fini de valeurs.

Discret : être défini qu'en certains instants.

On peut dire en résumé qu'un signal analogique est continu et non quantifié, alors qu'un signal digital (numérique) est discret et quantifié.

Echantillonnage : Processus par lequel un signal est transformé en un signal discret.

Convertisseur A/D : C'est un quantificateur, il transforme le signal discret en un signal digital.

Les opérations d'échantillonnage et de quantification permettent de transformer un signal analogique en un autre digital.

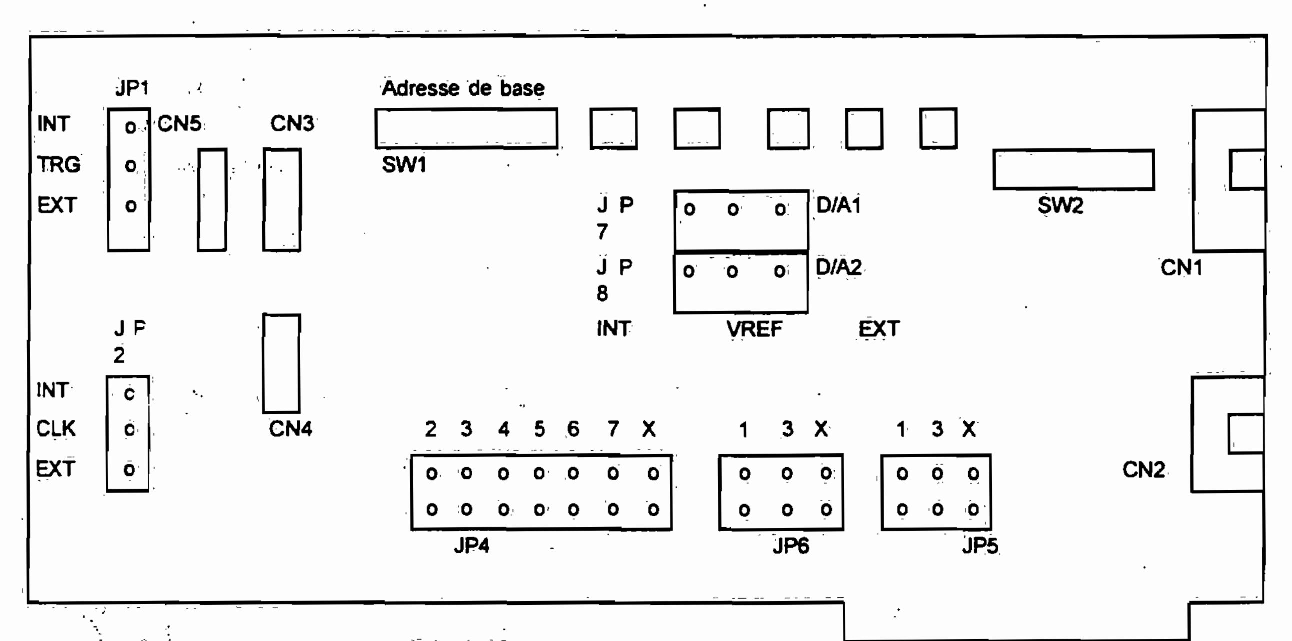


Figure 3-11 : ***La carte PCL-812***

3-9-2. Description du fonctionnement

* Sélection de l'adresse de base

Tous les périphériques de l'ordinateur, ainsi que les cartes d'interfaçage sont

contrôlées par les ports d'entrée / sortie. La sélection de l'adresse de base du port d'entrée / sortie du PCL-812 (tableau 3-1), se fait à travers un rail à huit positions. Le PCL-812 demande seize adresses consécutives dans l'espace d'entrée / sortie, qui sont localisées entre $200 et $3F0 en hexadécimal.

Tableau 3-1 : ***Sélection de l'adresse de base***

PLAGE DE L'ADRESSE D'ENTREE / SORTIE en hexadécimal	POSITION DU RAIL					
	A9 fixé	1 A8	2 A7	3 A6	4 A5	5 A4	6 A3
200 - 20F	1	0	0	0	0	0	X
210 - 21F	1	0	0	0	0	1	X
220 - 22F	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**X**
230 - 23F	1	0	0	0	1	1	X
300 - 30F	1	1	0	0	0	0	X
3F0 - 3FF	1	1	1	1	1	1	X

NOTE : - ON = O, OFF = 1

- A4 ... A9 correspond à la ligne d'adresse du bus de l'ordinateur.

- $ 220 représente l'adresse de base qu'on s'est fixé.

*** Niveau d'attente**

Dans le cas d'une vitesse trop importante de l'ordinateur, il est préférable d'adjoindre un niveau d'attente pour stabiliser le transfert de données. La sélection du niveau d'attente se fait avec les épingles 7 et 8 du rail SW1 comme montrée ci_dessous

Tableau 3-2 : ***Sélection du niveau d'attente***

POSITION DU RAIL 1		*TEMPS D'ATTENTE*
7	8	
0	0	0
1	0	2
0	1	4
1	1	6

* Tension d'entrée

La sélection de la tension d'entrée analogique dans le groupe bipolaire se fait à travers le rail plongeant SW2 à cinq positions comme montrée au tableau 3-3.

Tableau 3-3 : Sélection de la tension d'entrée

POSITION DU RAIL 2					PLAGE DE TENSION
1	2	3	4	5	
ON	OFF	ON	OFF	X	+/- 10V
OFF	ON	ON	OFF	X	+/- 5V
ON	OFF	OFF	ON	X	+/- 2V
OFF	ON	OFF	ON	X	+/- 1V

* Mode de déclenchement du convertisseur A/D

Les conversions analogiques-digitales du PCL-812 sont déclenchées par un des trois modes suivants:

1 - Un logiciel de déclenchement

2 - Un compteur / dateur

3 - Une impulsion de déclenchement externe.

1- Logiciel de déclenchement

Ce déclenchement est contrôlé par les programmes d'application issus des commandes du logiciel. Normalement ce mode n'est pas utilisé pour les applications à grande vitesse de conversion parce que, limité par le temps d'exécution des programmes.

2- Compteur / dateur

Les compteurs 1 et 2 d'INTEL 8253 sont configurés pour donner des impulsions de déclenchement de conversions A/D à des périodes précises. La plage de fréquence réservée aux sorties du PCL-812 se situe entre 0.5 MHZ et 35 minutes / impulsion.

Le mode de déclenchement pas à pas s'accommode bien avec les interruptions et au DMA (Accès Direct à la Mémoire), lesquels sont utilisés dans des applications où une grande vitesse de conversion est requise.

3- Impulsion externe de déclenchement

Ce mode est contrôlé à travers le EXT.TRG du CN5 : connecteur 5 (figure 3-11). IL est utilisé pour des applications où les conversions ne sont pas périodiques mais conditionnées ; exemple : contrôle de température par thermocouple.

*** Exécution d'une conversion A/D**

Les conversions A/D peuvent être exécuter avec un programme où toutes les instructions d'entrée / sortie sont écrites directement, ou par un programme utilisant les routines de transmission du PCL-812. L'utilisation de ces routines facilite la

programmation et augmente les performances du programme.

*** Mode de transfert**

IL y'a trois voies possibles pour effectuer le transfert de données Analogiques / Digitales avec le PCL-812 :

1 - Le programme de contrôle

2 - Les interruptions

3 - L'accès direct à la mémoire (DMA).

1- Programme de contrôle

C'est le concept de sondage qui est utilisé à ce niveau. Après le déclenchement de la conversion A/D, le bit DRDY (donnée prête) de l'octet supérieur du convertisseur A/D est testé; si le bit est à 0, alors les données converties sont prêtes. Elles sont transférées du registre de données analogiques vers l'ordinateur par le programme de contrôle : figure 3-12.

2- Les interruptions

Les données sont transférées du registre de données analogiques vers un segment de mémoire préalablement défini par le manipulateur d'interruption. A la fin de chaque conversion, le signal DRDY génère une interruption qui permet au manipulateur d'interruption d'effectuer le transfert. Le bit de contrôle (base+11) et le niveau de sélection d'interruption sur la bretelle JP4 doivent être spécifiés avant l'utilisation des routines d'interruption.

Une action d'écriture sur le registre (base+8) réinitialise l'interruption du PCL-812.

3- L'accés direct à la mémoire (DMA)

Avec le DMA, le transfert de données analogiques de la carte vers la mémoire de l'ordinateur se fait sans intervention de l'unité centrale. Le DMA est très utilisé pour les opérations complexes. Les bretelles de sélection de niveau du DMA (JP5 et JP6), le bit de DMA dans le registre de contrôle, ainsi que les registres de contrôle du DMA 8237 doivent être installés avant d'effectuer les opérations.

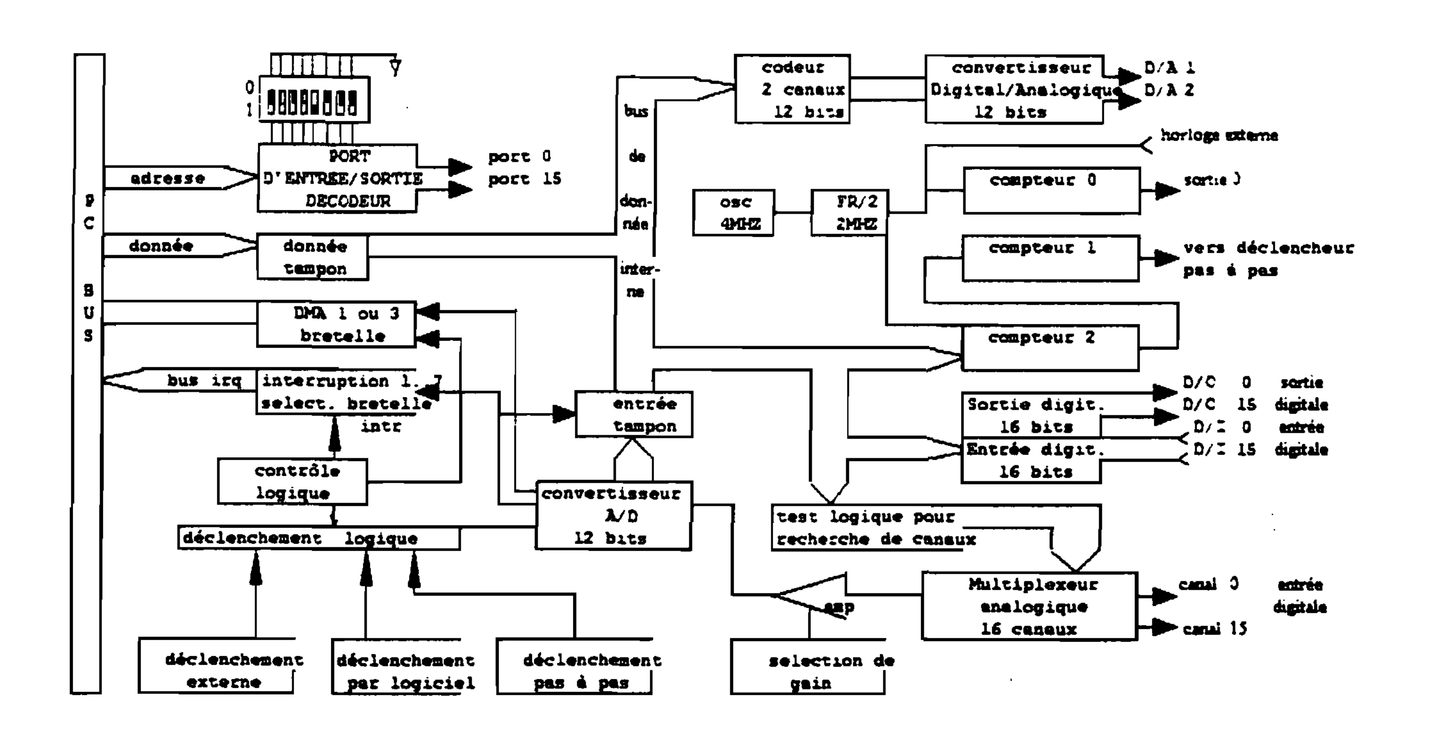


Figure 10 Schéma synoptique de la carte

TRAITEMENT DE DONNEES ET AFFICHAGE DES RESULTATS

4-1. TRAITEMENT DE DONNEES

4-1-1. Présentation de LABTECH NOTEBOOK

LABTECH NOTEBOOK est un logiciel d'acquisition et de traitement de données. Sur le moniteur,il se présente en deux parties :

- L'interfaçage graphique qui permet la visualisation des icônes de programmation.
- Le support des icônes qui représente le menu système de NOTEBOOK. C'est le même système qui donne accès à toutes les fonctions de NOTEBOOK.

*** Les menus de NOTEBOOK**

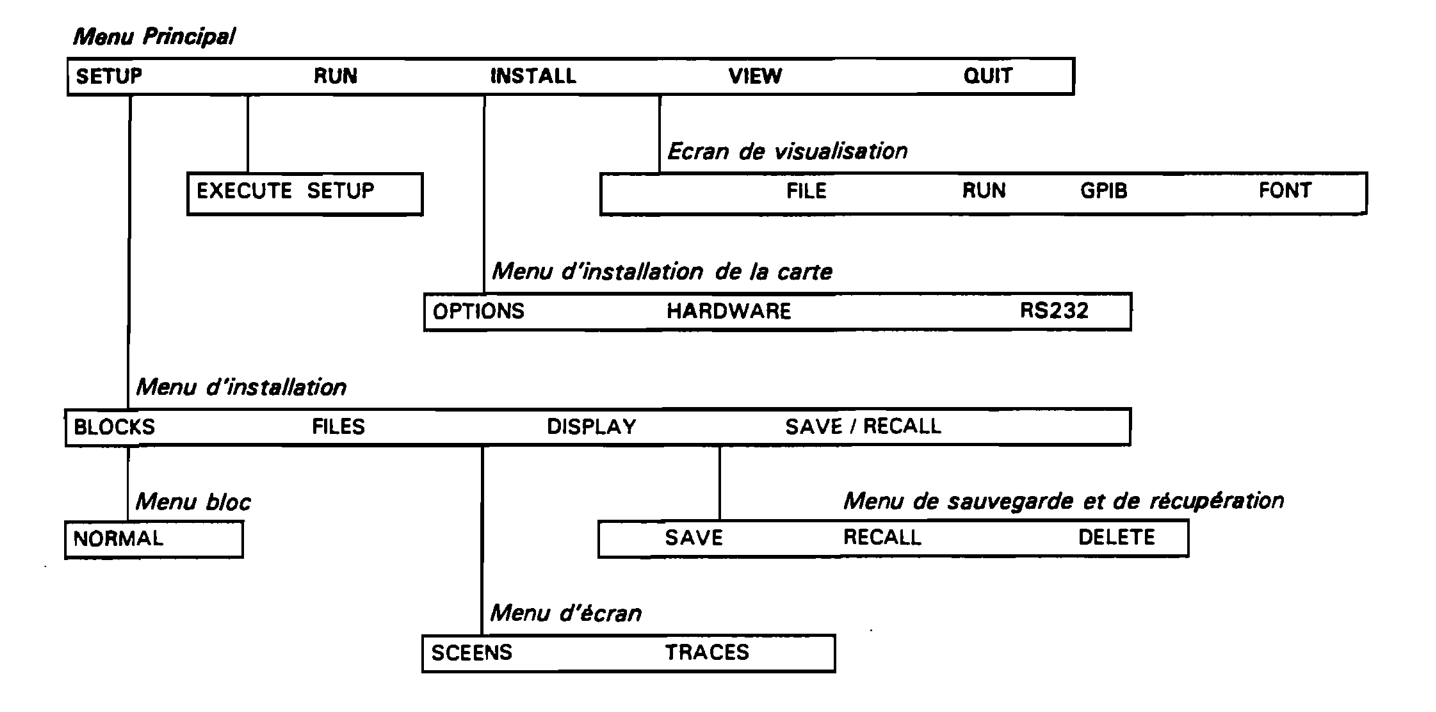


Figure 4-1 : ***Atlas des menus de NOTEBOOK version 7.0***

NOTEBOOK a deux types de menu :

- Les menus de commande.

- Les menus d'installation.

Le menu principal est un exemple de menu de commande.

Menu Principal

SETUP	RUN	INSTALL	VIEW	QUIT

Figure 4-2 : ***Menu principal***

Les menus de commande se présentent ainsi ; la ligne au sommet montre les options. Beaucoup de fonctions de NOTEBOOK demandent une phase d'installation et de configuration avant d'être exécuter. Par exemple, avant de lancer le processus d'acquisition de données, on utilise le menu BLOCKS (tableau 4-1) pour définir les paramètres d'entrée du bloc ; dans le cas où on doit stocker les données, le menu FILES est utilisé pour déterminer les caractéristiques des données à stocker.

Le menu Blocks nous permet de configurer les icônes à utiliser lors de la programmation. Le tableau 4-1 représente un exemple de configuration d'icône :

- la première partie du tableau est relative au nombre d'icônes nécessaire, au type d'entrée, à l'étiquette du bloc et au matériel d'interfaçage utilisé ;
- la deuxième partie permet de spécifier : la marge à respecter par le signal d'entrée, la calibration du signal en sortie, la taille du fichier tampon, le nombre d'itérations à faire et le nombre de colonnes d'enregistrement ;

- la fréquence d'échantillonnage, la durée de l'enregistrement, les méthodes d'arrêt et de déclenchement de la collecte représente la troisième partie ;

- l'utilisation de la dernière partie du tableau est tributaire de l'option de déclenchement choisi ; dans le cas où le déclenchement se fait immédiatement, comme présentement,on aura pas à donner le temps d'attente, de même que la valeur à atteindre pour avoir un déclenchement.

Tableau 4-1 : Menu Blocks

NORMAL DATA ACQUISITION / CONTROL SETUP	
Number of Function Blocks [0..250]	1
Current Block(s) [n or n..m]	1
Block Type	[Analog Input]
Tag Name	
Block Units	Volts
Interface Device	[1:PCL 812-G]
Interface Pt./Channel No. [o..15]	0
Input Range	[+/- 10 V]
Scale Factor	1.000
Offset Constant	0.000
Buffer Size	500
Number of iterations	1
Number of Stages [1..8]	1
Stage Number	1
Sampling Rate, Hz	1.000
Stage Duration, sec [0.0..1.0E+08]	29.500
Start/Stop Method	[Immed.]
Trigger Block or Key	1
Trigger Pattern to AND [0..255]	0
Trigger Pattern to XOR [0..255]	0
Time Delay, sec. [0.0..1.0E+08]	5.000
Analog Trigger Value	0.000
Analog Trigger Polarity	[High]
Number of Samples to Save (Pretrigger)	0

*** Changer les éléments d'un menu**

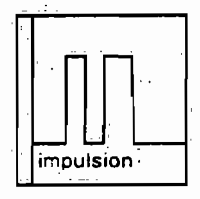
IL y'a deux types d'entrée pour les menus :

- Les entrées entre crochets : exemple Block Type : [Analog input] ,(tableau 4-1) ; en cliquant 2 fois avec la souris, à l'endroit des crochets, il apparait un sous menu qui présente les différentes options.
- Les entrées simples : à ce niveau, il est demandé de donner une valeur.

Toutefois, il faut d'abord placer le curseur à l'endroit requis avant d'effectuer un quelconque changement.

*** Exemple d'utilisation d'une icône**

Une icône est une représentation symbolique de quelque chose.



impulsion de sortie ***icône de calcul***

figure 4-3 : ***Exemple d'icônes***

Supposons que nous avons un bloc d'entrées analogiques et que nous voulons visualiser le signal correspondant, tout en stockant les données sur un fichier ; comment procéder ?

D'abord il faut placer l'icône d'entrée analogique (ANALOGINPUT) sur l'écran. Ensuite on clique deux fois sur l'icône pour accéder à la page de menu afin de spécifier

les paramètres comme : le nom du bloc, le matériel d'interfaçage, le ratio d'échantillonnage.

IL faut alors adjoindre l'icône de fichiers (FILES) en utilisant la connexion par flèche, pour permettre la sauvegarde des données dans un fichier. De même en cliquant deux fois sur l'icône FILES la page de menu se présente permettant de changer les paramètres d'installation tels que: - le nom du fichier, - la couleur des fenêtres, - l'échelle du graphique.

Nous pouvons maintenant cliquer sur le bouton d'exécution (RUN) pour lancer la collecte de données et la visualisation du signal.

4-1-2. Programmation

L'étude technique sur les échangeurs au premier chapitre, nous a révélée les indicateurs thermiques et hydrodynamiques. Leur suivi en temps réel nécessite l'élaboration de programmes avec LABTECH NOTEBOOK. La représentation des indicateurs sous forme d'organigramme, avec les icônes, constitue la première phase de la programmation sous NOTEBOOK.

*** Organigramme de l'indicateur thermique**

L'indicateur thermique est donné par la relation :

$$H_g\, S = \frac{Q}{\Delta T_{LM}}$$

son organigramme est représenté à la figure 4-3.

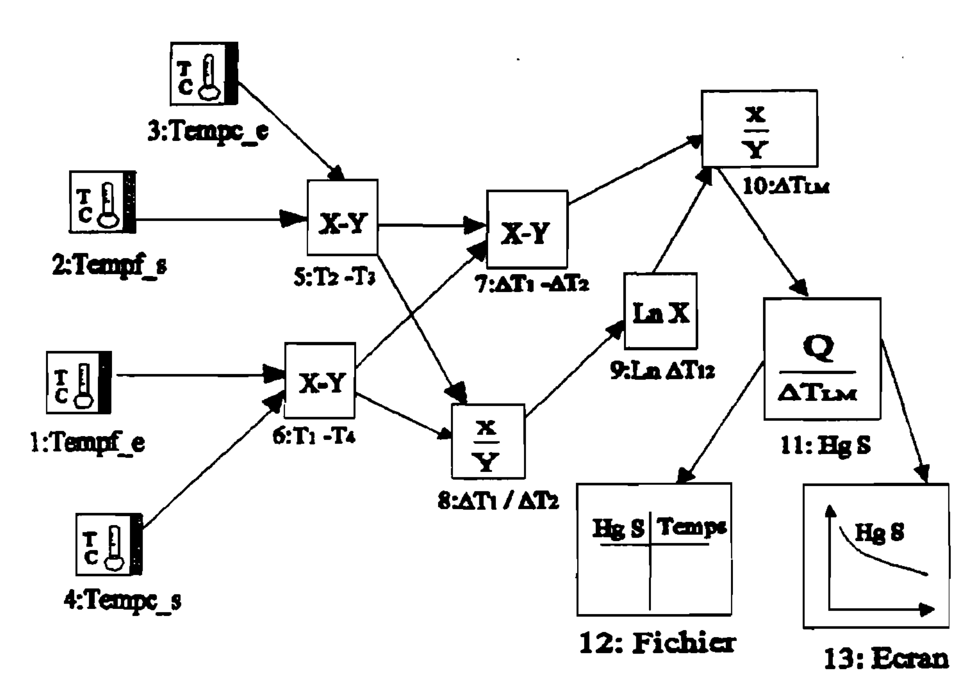


Figure 4-3 : Organigramme de l'indicateur thermique

* Configuration des icônes

IL est nécessaire de configurer les icônes, après les avoir installées sur l'écran de visualisation de NOTEBOOK. Cependant nous présenterons à ce niveau un seul exemple de configuration ;

La configuration de toutes les icônes s'est faite pour assurer au mieux le suivi de cet indicateur thermique ; un exemple de configuration d'une icône de calcul sera présenté en annexe D.

Tableau 4-2 : Configuration d'une icône de température

NORMAL DATA ACQUISITION / CONTROL SETUP	
Number of Function Blocks [0..250]	13
Current Block(s) [n or n..m]	1
Block Type	[Thermocouple]
Tag Name	Tempf_e
Block Units	Degrés Celsius
Interface Device	[1:PCL 812-G]
Interface Pt./Channel No. [o..15]	0
Temperature Scale	[Celsius]
Input Range	[+/- 5 V]
Scale Factor	1.000
Temperature Type	[T]
Offset Constant	0.000
Buffer Size	500
Number of iterations	1
Number of Stages [1..10]	1
Stage Number	1
Sampling Rate, Hz	1.000
Stage Duration, sec [0.0..1.0E+08]	1.00e+004
Start/Stop Method	[Immed.]
Trigger Block or Key	1
Trigger Pattern to AND [0..255]	0
Trigger Pattern to XOR [0..255]	0
Time Delay, sec. [0.0..1.0E+08]	5.000
Analog Trigger Value	0.000
Analog Trigger Polarity	[High]
Number of Samples to Save (Pretrigger)	0

4-2. AFFICHAGE

4-2-1. Présentation de REALTIME VISION

REALTIME VISION est un logiciel de simulation, qui permet la visualisation en

temps réel d'un processus industriel ; comme c'est la cas pour notre projet. IL est composé d'un menu principal (figure 4-5), qui donne à l'utilisateur, une latitude pour la création et le suivi d'un processus donné.

*** Les menus de REALTIME VISION**

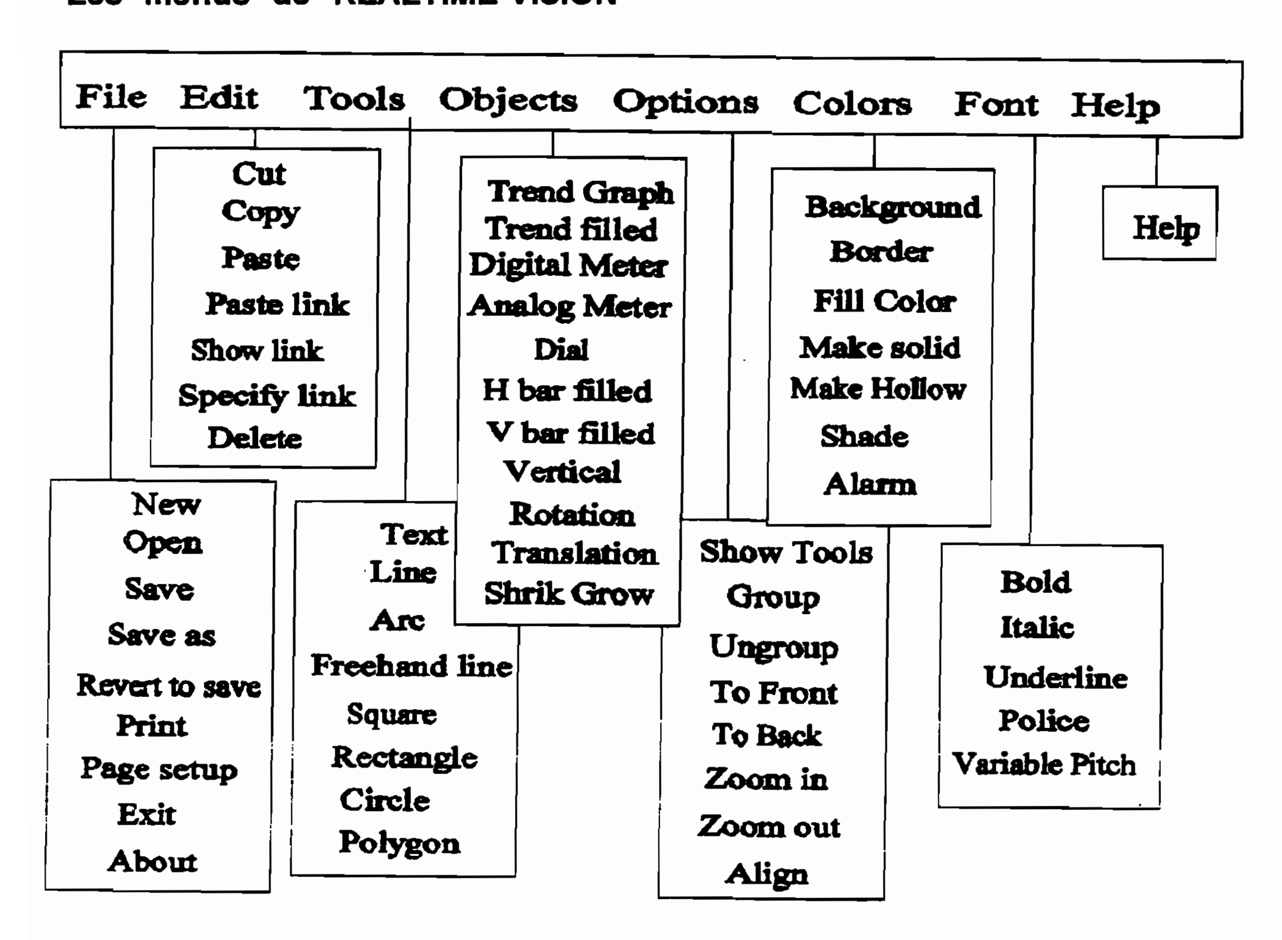


Figure 4-5 : ***Atlas des menus de REALTIME VISION***

*** Echange dynamique de données**

Le contrôle en temps réel des différents paramètres, au niveau de REALTIME VISION est rendu possible grâce à cette fonction d'échange dynamique de données, entre NOTEBOOK et REALTIME VISION. Elle prend effet quand, après avoir spécifier une

liaison entre une icône et un des éléments de mesure de REALTIME VISION, on lance l'exécution l'acquisition de données.

*** Seuil d'alarme**

REALTIME VISION nous permet de fixer deux seuils d'alarme pour chaque indicateur de mesure choisi. Le franchissement d'un seuil d'alarme se manifeste par un changement de couleur de l'aiguille pour un indicateur analogique et des chiffres dans le cas digital.

*** Affichage des résultats**

La création d'un groupe appelé : **Synoptique échangeurs CIV** au niveau de l'ordinateur nous permet de contrôler tous les échangeurs de chaleur. Ce groupe est composé de :

- 2 circuits d'eau douce intermédiaire, un pour chaque groupe
- 2 circuits d'eau douce moteur
- 2 représentations pour chaque type de réfrigérants
- d'un écran de contrôle de l'indicateur thermique $(UA)_{mn}$
- d'un écran de contrôle de l'indicateur hydrodynamique ψ .
- d'un écran de contrôle de l'efficacité des échangeurs.

Le rôle assigné à cet ensemble est le suivi de l'encrassement de chaque échangeur. Cependant tous les paramètres recueillis pourront être enregistrés dans des fichiers pour archivage.

Nous présentons (annexe D) quelques écrans de contrôle du groupe "Synoptique échangeur CIV".

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'importance du contrôle de la performance des équipements ne fait que croître aujourd'hui pour les centrales électriques de la SENELEC, car elle est liée à des préoccupations majeures, telles que l'augmentation de la production d'énergie électrique pour éviter les délestages fréquents, et la baisse du prix du kilowatt.

Nous avons tenter au cours de cette étude, au niveau de la centrale diesel IV, de contrôler un des paramètres qui entraîne généralement des baisses du niveau de production d'énergie électrique. IL s'agit de l'encrassement des échangeurs de chaleur.

Le suivi de l'encrassement des échangeurs de chaleur par le biais de ce système d'acquisition et de traitement de données permettra :

- d'assurer la dissipation totale à travers les réfrigérants de l'énergie calorifique non transformée en énergie travail, sans être contraint à baisser la charge du moteur ;
- de localiser sans risque d'erreurs, d'éventuelles causes d'élevation de températures sur les circuits eau douce, huile moteur, air alternateur et air de suralimentation ;
- de programmer des arrêts en dehors des heures de pointe pour le nettoyage des échangeurs de chaleur encrassés ;
- d'obtenir toutes les informations nécessaires à l'établissement d'un journal de bord, sans avoir à effectuer des relevés horaires sur site.

En somme, il permet, si le problème de la qualité du fuel est réglé de monter en charge pour accroître la production d'énergie électrique et améliorer la consommation spécifique.

En contrepartie, il exige l'utilisation d'un matériel adéquat. Les plus grands risques d'erreurs dans le système d'acquisition de données se situent au niveau des capteurs ; un seul capteur de mauvaise qualité compromet l'ensemble des résultats.

IL importe donc d'effectuer des tests fréquents sur la validité des signaux transmis par ces capteurs.

ANNEXES

ANNEXE A-1

```
PROGRAM UA_minimum;
é***************************************************************************è
é* Ecole Polytechnique de Thies / Centrale IV - Cap des biches (SENELEC)   *è
é* Auteur : Amadou Mansour DIENG 5_GEM                                     *è
é*                                                                         *è
é* Objet  : Ce programme permet de calculer la valeur minimale de          *è
é*          l'indicateur thermique : UA_min                                *è
é***************************************************************************è
uses crt,printer;

var
Tfe, Tfs, Tce, Tcs : real;
Q,DTLM,UA_min, Cc,Cf,Mc,Mf : real;
choix : integer;

BEGIN
  Repeat
    Clrscr;
    Gotoxy(4,2); writeln('Ce programme calcule la valeur de UA_min ');
    Gotoxy(2,4); writeln('Entrer Cp du fluide froid en KJ/Kg xC :  ');
    Gotoxy(45,4); read(Cf);
    Gotoxy(2,5); writeln('Entrer Cp du fluide chaud en KJ/Kg xC :  ');
    Gotoxy(45,5); read(Cc);
    Gotoxy(2,6); writeln('Entrer le debit du fluide froid en dm^3/s:  ');
    Gotoxy(45,6); read(Mf);
    Gotoxy(2,7); writeln('Entrer le debit du fluide chaud en dm^3/s:  ');
    Gotoxy(45,7); read(Mc);
    Gotoxy(2,8); writeln('Entrer Q du refrigerant en KW :  ');
    Gotoxy(45,8); read(Q);
    Gotoxy(2,10); writeln('1 - Tmax_entree du fluide froid est connue :  ');
    Gotoxy(2,11); writeln('2 - Tmax_sortie du fluide froid est connue :  ');
    Gotoxy(2,13); writeln('Faites votre choix :  ');
    Gotoxy(40,13);read(choix);
    if choix = 1 then
     begin
       Gotoxy(2,15); writeln('Entrer Tmax_sortie du fluide chaud en xC :  ');
       Gotoxy(47,15); read(Tcs);
       Gotoxy(2,16); writeln('Entrer Tmax_entree du fluide froid en xC :  ');
       Gotoxy(47,16); read(Tfe);
       Tce := Tcs + Q/(Mc*Cc) ;
       Tfs := Tfe + Q/(Mf*Cf) ;
       DTLM := ((Tcs-Tfe)-(Tce-Tfs))/ Ln((Tcs-Tfe)/(Tce-Tfs));
       UA_min := Q/(273+DTLM);
       Gotoxy(2,18); writeln('Voici la valeur de Tce   :  ', Tce :5:2);
       Gotoxy(2,20); writeln('Voici la valeur de Tfs   :  ', Tfs :5:2);
       Gotoxy(2,22); writeln('Voici la valeur de DTLM_max :  ', DTLM :5:2);
       Gotoxy(2,24); writeln('Voici la valeur de UA_min   :  ', UA_min :5:2);
     end
    else
     begin
       Gotoxy(2,15); writeln('Entrer Tmax_sortie du fluide chaud en xC :  ');
       Gotoxy(47,15); read(Tcs);
       Gotoxy(2,16); writeln('Entrer Tmax_sortie du fluide froid en xC :  ');
       Gotoxy(47,16); read(Tfs);
       Tce := Tcs + Q/(Mc*Cc) ;
       Tfe := Tfs - Q/(Mf*Cf) ;
```

```
      DTLM := ((Tcs-Tfe)-(Tce-Tfs))/ Ln((Tcs-Tfe)/(Tce-Tfs));
      UA_min := Q/(273+DTLM);
      Gotoxy(2,18); writeln('Voici la valeur de Tce  :  ', Tce :5:2);
      Gotoxy(2,20); writeln('Voici la valeur de Tfe  :  ', Tfe :5:2);
      Gotoxy(2,22); writeln('Voici la valeur de DTLM_max :  ', DTLM :5:2);
      Gotoxy(2,24); writeln('Voici la valeur de UA_min  :  ', UA_min :5:2);
    end;
   until readkey=#27 ;
END.
```

SONDES A RESISTANCE A VISSER

ANNEXE B-1

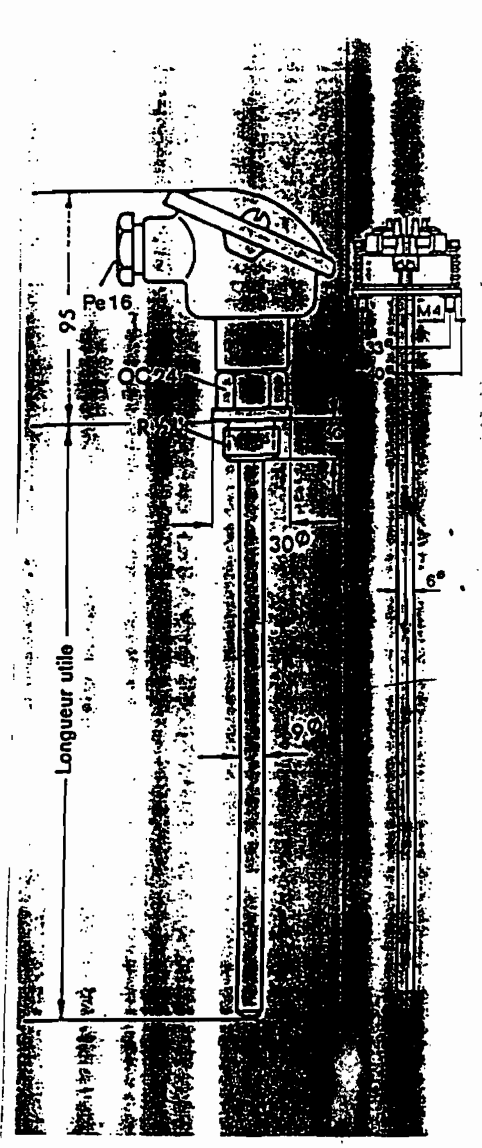
AVEC ELEMENT DE MESURE INTERCHANGEABLE
SANS TUBE INTERMEDIAIRE

Gaine de protection
Ø = 9 mm, épaisseur de la paroi = 1 mm.

Raccord
R= 1/2 "

Tête de raccordement
Forme B, en alliage léger ou en matière plastique. Etanche aux poussières et projection d'eau. Entrée du càble de liaison par presse étoupe de 16 mm.

Elément de mesure
Tube intérieur en acier inoxydable Ø = 6 mm, avec sonde platine 100 Ohms simple ou double enroulement.
Liaison 2, 3 ou 4 fils.



Exécution	Température maximum d'utilisation	Longueur utile en mm	Masse env. kg	Type	
				Simple	Double
Gaine de protection et raccord en laiton UZ 36	300°C	100 160 250 350 500	0,5 0,6 0,7 0,8 0,95	SL 610 SL 616 SL 625 SL 635 SL 650	SL-D 610 SL-D 616 SL-D 625 SL-D 635 SL-D 650
Gaine de protection et raccord en acier inoxydable AISI 316 L	300°C	100 160 250 350 500 1000	0,5 0,6 0,7 0,8 0,95 1,45	SI 610 SI 616 SI 625 SI 635 SI 650 SI 6100	SI-D 610 SI-D 616 SI-D 625 SI-D 635 SI-D 650 SI-D 6100

TOUTE AUTRE LONGUEUR, MATIERE OU RACCORD SUR DEMANDE
Ces sondes peuvent être exécutées avec une thermosonde de nickel 100 Ohms, dans ce cas la température maximum d'utilisation est de 180°C.

Résistance à la corrosion des gaines de protection

Matériaux	Température limite en C°	Résistant à
Laiton UZ 36	300°C	Carburant sans alcool, ni soufre, acides contenant du soufre, produits chimiquement neutre, ambiance, etc...
Acier inoxydable AISI 316 L	300°C	Acides non oxydants, sel fondus, vapeurs chimiques agressives (sauf acide chlorhydrique ou vapeurs d'anhydride sulfureux) etc...

Les valeurs et indications mentionnées ci-dessus ne sont données qu'à titre indicatif

SONDES A RESISTANCE

TYPE " INDUSTRIE "

Les sondes à résistance type **" Industrie "** sont constituées comme suit :

1) D'une gaine de protection en acier inoxydable, acier, acier réfractaire ou laiton avec tête de raccordement et d'un tube intérieur avec socle de raccordement contenant l'élément de mesure. La gaine de protection extérieure protége la thermosonde contre les pressions et agressions chimiques et permet une interchangeabilité des tubes intérieurs sans perturber la marche de l'installation.

2) D'une gaine de protection en acier inoxydable ou acier avec tête de raccordement pour mesure de température en circuits moyenne pression. Dans ce cas la thermosonde est directement montée dans la gaine.

Suivant les possibilités de montage, il est conseillé d'utiliser une longueur plongeante suffisante, de façon que la thermosonde soit soumise à la même température sur toute sa longueur (40 à 50 m/m en bout de gaine). On peut éliminer l'erreur de résistance additionnelle due aux 2 fils de liaison entre thermosonde et tête de raccordement par un montage 3 fils. Le courant de mesure ne doit en principe dépasser 10 mA de façon à éviter un autoéchauffement de l'enroulement platine.

Les fils de liaison entre thermosonde et tête de raccordement sont :

- soit en argent pour température allant jusqu'à 400° C ;
- soit en cuivre nickel pour température allant jusqu'à 600° C ;
- soit en nickel-chrôme pour température allant jusqu'à 800° C.

Toutes les sondes décrites sur nos notices techniques peuvent être exécutées avec une thermosonde à enroulement nickel pour des températures allant de –60 à + 180° C.

IL EST POSSIBLE D'EXÉCUTER DES SONDES DE TOUTE LONGUEUR POUR DES TEMPÉRATURES AUTRES QUE CELLES INDIQUÉES SUR NOS NOTICES TECHNIQUES.

Désignation du type : (exemple S1 616)

- Première lettre : S – Sonde à résistance ;
- Deuxième lettre : Nature de la gaine – Exemple : I = Acier Inoxydable,
- Premier chiffre : Numéro de liste – Exemple : 6 = Liste S6,
- Chiffres suivants : Longueur plongeante – Exemple : 16 = 16 cm.

En complément :

- D = Thermosonde à double enroulement 2 x Pt 100 ;
- TI = Tube intermédiaire entre raccord et tête de raccordement.

THERMO-EST S.A. au capital de 1.845.000 F - Tél. 87 80 68 18 - Télécopie 87 51 72 04 - Télex 860 664 F
Z.I. du Malambas - Hauconcourt - BP 340 - 57213 MAIZIERES-LES-METZ

THERMOCOUPLES A VISSER

ANNEXE A-1

pour basses pressions

Gaine de protection

Ø = 9 mm, épaisseur de la paroi = 1 mm

Raccord

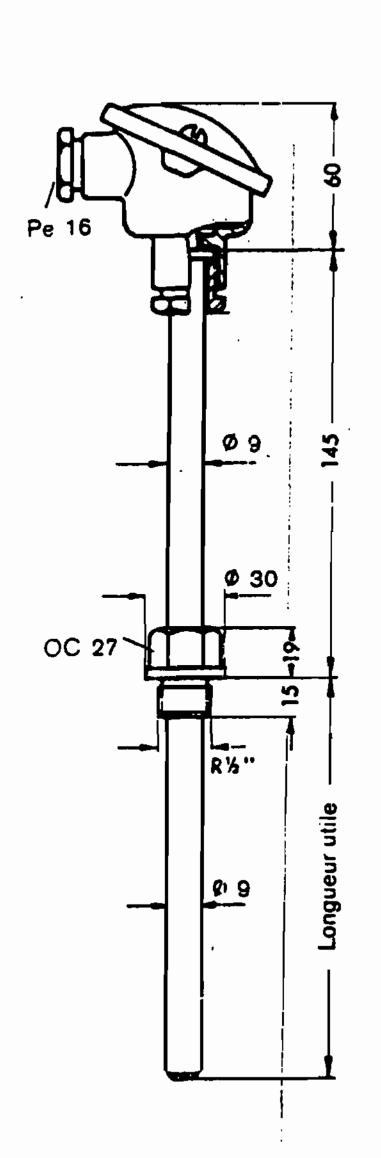
R = 1/2"

Tête de raccordement

Forme B, en alliage léger. Étanche aux poussières et projections d'eau.
Entrée du câble de liaison par presse-étoupe de 16 mm.

Élément de mesure

Thermocouple simple ou double en Fe-Co ou NiCr-Ni – isolation sous perles céramiques



Exécution	Température maximum d'utilisation	Longueur utile en mm	Masse env. en Kg	Nature du couple	Type	
					Simple	Double
Gaine de protection et raccord en Laiton U Z 36	300° C	160 250 400	0,8 0,9 1	Fe-Co	TL 216 F TL 225 F TL 240 F	TL-D-216 F TL-D-225 F TL-D-240 F
	300° C	160 250 400	0,8 0,9 1	NiCr-Ni	TL 216 N TL 225 N TL 240 N	TL-D-216 N TL-D-225 N TL-D-240 N
Gaine de protection et raccord en Acier Inoxydable AISI 316 L	600° C	160 250 400	0,8 0,9 1	Fe-Co	TI 216 F TI 225 F TI 240 F	TI-D-216 F TI-D-225 F TI-D-240 F
	600° C	160 250 400	0,8 0,9 1	NiCr-Ni	TI 216 N TI 225 N TI 240 N	TI-D-216 N TI-D-225 N TI-D-240 N

TOUT AUTRE COUPLE, LONGUEUR ou RACCORD SUR DEMANDE

TABLEAU DES PRESSIONS ADMISSIBLES (en Bars)

Vitesse d'écoulement maximum		Long. utile en mm	Laiton pour			Acier Inoxydable pour		
Eau m/sec.	Air m/sec.		50° C	150° C	300° C	50° C	300° C	400° C
3	25	160 250 400	16 16 7 *	16 16 7 *	9 9 7 *	50 40 18	40 40 18	36 36 18

* Pour l'eau seulement 2 m/sec.

THERMOCOUPLES À VISSER

pour hautes pressions

Gaine de protection

Ø = 10 mm, épaisseur de la paroi = 2 mm

Raccord

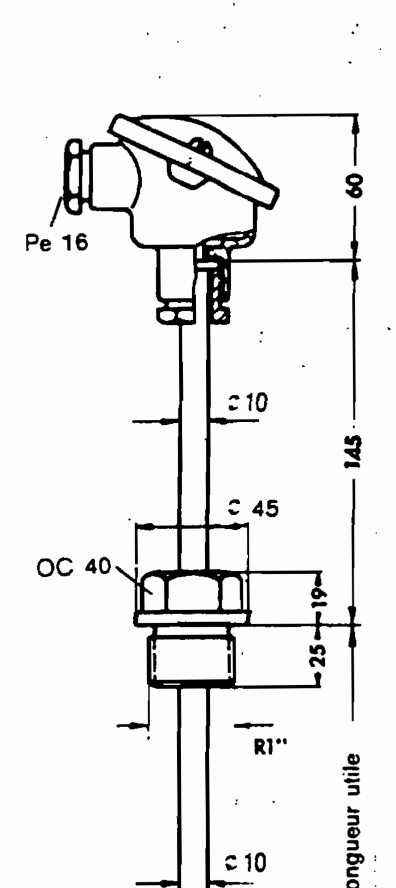
R = 1"

Tête de raccordement

Forme B, en alliage léger,
Étanche aux poussières et projections d'eau.
Entrée du câble de liaison par presse-étoupe de 16 mm.

Élément de mesure

Thermocouple simple ou double en Fe-Co ou NiCr-Ni – Isolation sous perles.



Exécution	Température maximum d'utilisation	Longueur utile en mm	Masse env. en Kg	Nature du couple	Type	
					Simple	Double
Gaine de protection et raccord en acier	500° C	160 250	1,2 1,25	Fe-Co	TA 216 F TA 225 F	TA-D-216 F TA-D-225 F
	600° C	160 250	1,2 1,25	NiCr-Ni	TA 216 N TA 225 N	TA-D-216 N TA-D-225 N
Gaine de protection et raccord en acier inox AISI 316 L	500° C	160 250	1,2 1,25	Fe-Co	TI 216 FS TI 225 FS	TI-D-216 FS TI-D-225 FS
	600° C	160 250	1,2 1,25	NiCr-Ni	TI 216 NS TI 225 NS	TI-D-216 NS TI-D-225 NS

TOUT AUTRE COUPLE, LONGUEUR ou RACCORD SUR DEMANDE

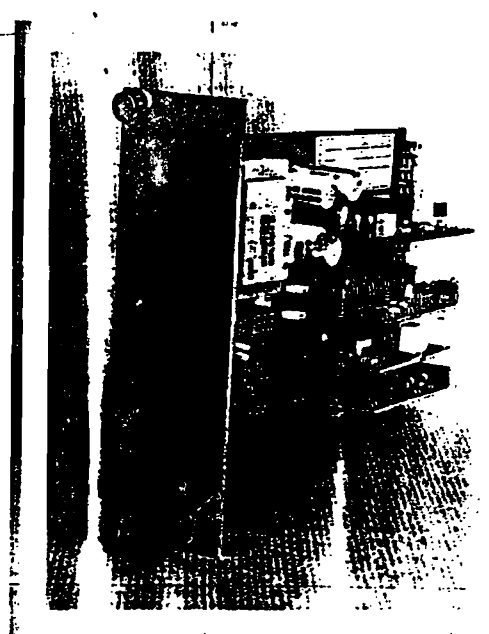
TABLEAU DES PRESSIONS ADMISSIBLES (en bars)								
Vitesse d'écoulement max.		Long. utile en mm	Acier pour			Acier Inoxydable pour		
Eau m/sec	Air m/sec		100° C	300° C	500° C	100° C	300° C	500° C
5	40	160 250	90 40	78 35	50 22	90 40	78 35	50 22

THERMO-EST S.A. au capital de 1.845.000 F - Tél. 87 80 68 18 - Télécopie 87 51 72 04 - Télex 860 664 F
Z.I. du Malambas - Hauconcourt - BP 340 - 57213 MAIZIERES-LES-METZ

CONVERTISSEUR DE MESURE CONFIGURABLE
AVEC OPTION RELAIS A SEUIL

TYPE C2A100

montage carte Europe 100 x 160 mm



PRINCIPE

Le convertisseur de mesure C2A 100, permet pour une grandeur d'entrée, sonde Pt 100, thermocouple, mV, V, d'obtenir une grandeur de sortie en courant normalisé 4-20 mA ou 0-20 mA et en tension à-10 V.
Ce convertisseur en technique 4 fils assure à la fois une grande précision, une bonne tenue à la température ainsi qu'une grande facilité de montage.

DESCRIPTION

Le convertisseur de mesure C2A 100 se présente sous la forme d une carte format simple Europe.
Les raccordements électriques, le réglage du zéro et du gain so it accessibles en face avant.
La configuration de l'étendue de mesure se fait par l'intermédiair de cavaliers et potentiomètres.
Le convertisseur transforme le signal d'entrée en courant 0 ou 4-20 mA et en tension 0-10 V.
Les signaux de sortie sont proportionnels à la valeur de l'entrée et indépendants de l'alimentation (technique 4 fils).

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

- entrée sonde à résistance Pt 100, 3 fils (sur demande Pt 500 / Pt 1000)
  étendue de mesure maximale: -50/+800°C, étendue minimale 30°C
- entrée thermocouples
  couple T étendue de mesure maximum: -100 à 400°C
  couple J étendue de mesure maximum: - 50 à 800°C
  couple K étendue de mesure maximum: 0 à 1200°C
  couple S étendue de mesure maximum: 0 à 1600°C
  couple B étendue de mesure maximum: 0 à 1700°C
  étendue de mesure minimale pour tous types de couple: 4 mV
- configuration de l'étendue de mesure par cavaliers et potentiomètres de réglage.
  précision de réglage du zéro: 0,02% de l'étendue de mesure maximum.
  précision de réglage du gain: 0,02%
- signaux de sortie: (linéaires pour Pt 100 - en option pour thermocouples)
  sortie courant 0 ou 4/20 mA, sélection par cavalier, charge admissible ⩽ 1 kΩ
  sortie tension 0/10 V, charge admissible ⩾ 1 kΩ
- précision de la mesure: 0,2% de l'étendue de mesure
- temps de réponse:
  150 ms avec entrée sonde Pt 100
  400 ms avec entrée thermocouple
- sécurité haute en cas de rupture du circuit de mesure
- compensation de soudure froide incorporée
- alimentation: 220 V -50 Hz ± 10% (autres tensions sur demande)
- consommation: 4 W
- température d'utilisation: -10 à +55°C
- température de stockage: -20 à +80°C

EQUIPEMENTS COMPLEMEI ITAIRES

Linéarisation (LIN) pour u ne entrée thermocouple
Séparation galvanique (I(i): entrée/sortie/alimentation (1500 V)
Relais à seuil réglable su l'étendue de mesure en face avant
Puissance de coupure m: ax. 60 W / 125 VA
Tension de coupure max 250 VAC
Courant de coupure max 2 A
Hystérésis de commutati n < à 5%

DESIGNATION DU TYPE

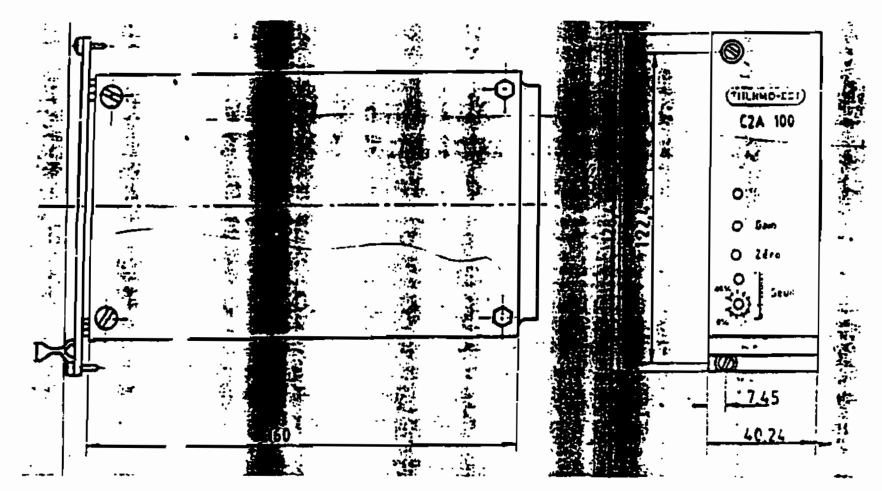
C2A 100 /	convertisseur le mesure configurable
S	entrée Pt 100
T(K)	entrée thermo ;ouple (nature du couple à préciser)
/IG	avec séparatic n galvanique
/LIN	avec linéarisa: on pour une entrée thermocouple
/IG/LIN	avec séparatic n galvanique et linéarisation
/RL	relais à seuil

En cas de calibration usine, p éciser:

- étendue de mesure:
- signal de sortie:

EXECUTION - ENCOMBREM ENT

Sur demande, montage dans boitier étanche pour montage en saillie



BRANCHEMENT



THERMO-EST S.A. au capital de .845.000F - Tél. 87 80 68 18 - Télex 860 664 - Télécopieur 87 51 72 04
Z.I. du Malambas - B.P. 340 - Hau :oncourt - 57213 MAIZIERES-LES-METZ

INDICATEURS PROGRAMMABLES

ANNEXE B-4

T'PE : MD 1000
. tension
. courant
. résistance Pt 100
. thermocouples T/J/K/N/ R/S

TYPE : MD 1010
. cellules et jauges de contrainte



DESCRIPTION

. Format et résolution d'affichage configurables.

. Menu guidé pour choisir le type d'entrée, les fonctions, le mode opératoire des touches frontales et la programmation ces paramètres.

. Programme précis d'autocalibration qui permet après avoir déterminé les paramètres d'entrée et de lecture, l'étalonnage automatique sans l'utilisation d'instruments extérieurs de référence.

. Conversion contrôlée par microprocesseur avec possibilité de régler la cadence d'affichage et d'effectuer la moyenne parmi plusieurs mesures.

. Echelle non-linéaire programmable pour mesurer le volume des réservoirs, des débits et la correction de capteurs non-linéaires.

. Jusqu'à 4 seuils d'alarme avec sorties isolées pour la commande de relais ou de PLC.

. 2 seuils d'alarme à relais avec contact de 250 Vca @ 2A (option).

. Détecteur de crête positive ou négative.

. Auto-zéro et autocalibration.

. Double échelle de mesure.

. Réglage fin du zéro et du gain avec une procédure rapide.

. Clé de protection des paramètres.

. Possibilité de bloquer l'étalonnage pour certifier l'instrument.

. Alimentation universelle 110 220 Vca et 10-40 Vcc isolé.

. Connecteur arrière avec bornes à vis.

. Protection frontale IP 65.

. Boitier 1/8 DIN 48 x 96 mm en polycarbonate UL 94 V.2.

. Alimentation pour transmetteurs (MOD. MD 1000).

. Alimentation jusqu'à 4 cellules (MOD. MD 1010).

. Sortie analogique isolée 0/4 20 mA (option).

. Sortie série RS-232 ou RS 485 (option).

. Logiciel de communication et de configuration pour ordinateur.

THERMO-EST S.A. au capital de 1 345.000F - Tél. 87 80 68 18 - Télex 860 664 - Télécopieur 87 51 72 04
Z.I. du Malambas - B.P. 340 - Haucóncourt - 57213 MAIZIERES-LES-METZ

MODELE MD 1000 POUR MESURE DE :

Tension :

de ± 20mV à ± 20 V - pour choisir la plage de lecture il suffit de déterminer les valeurs extrêmes de l'étendue de mesure en entrée et les indications correspondantes souhaitées sur l'afficheur.

Courant :

de ± 1 mA à ± 20 mA - pour choisir la plage de lecture il suffit de déterminer les valeurs extrêmes de l'étendue de mesure en entrée et les indications correspondantes souhaitées sur l'afficheur.

Température :

avec thermocouples J K T N R S et résistance platine 100 ohms (sélection du capteur d'après le menu).
Sélection de la résolution : 1° C/0,1°C/1°F/0,2°F
Compensation automatique de soudure froide ou fixe.
Alimentation auxiliaire : 24 V 35 mA pour transmetteurs.

MODELE MD 1010 POUR CELLULES ET JAUGES DE CONTRAINTE

Entrée : de ± 20 mV à ± 2V - pour choisir l'échelle de lecture il suffit de déterminer les valeurs extrêmes de l'étendue de mesure et les indications correspondantes souhaitées sur l'afficheur.
Tension d'excitation jusqu'à 10 V pour l'utilisation de 4 cellules de 350 ohms en parallèle.

AFFICHAGE

5 "LED" pour lectures de 1999 à 20999, sélection de la résolution 1/2/5/10.
Format d'affichage :
de 19999 à 20999 format standard
de 19990 à 99990 dernier chiffre à zéro.
de 1999 à 2099 dernier chiffre éteint
de 1999 à 9999 dernier chiffre à zéro et éteint
Sélection du point décimal.
On peut établir au choix des limites de l'échelle sur toute l'étendue de lecture.

CONVERSION

Convertisseur analogique/digital à microprocesseur avec résolution de 18 bits.
Sélection de la cadence d'affichage de 0,1 à 20 sec.
Possibilité d'obtenir une mesure moyenne parmi plusieurs lectures (de 1 à 25).

ECHELLES NON-LINEAIRES

Cette fonction permet d'obtenir une échelle de lecture non-linéaire par rapport au signal d'entrée et peut être appliquée soit pour des fonctions prédéfinies (échelles quadratiques, sinusoidales, logarithmique, etc) soit pour des fonctions particulières telles que le volume des réservoirs, des débits, ou encore pour la correction de la non-linéarité de capteurs.
Possibilité de définir une courbe de linéarisation avec une polygonale de 16 segments (jusqu'à 17 points sur toute l'échelle de lecture) : il suffit d'établir pour chacun des 17 points la valeur correspondante au signal mesuré et celle de la lecture.

PROGRAMMATION DES TOUCHES FRONTALES

Les touches AL1 et AL2 ont la fonction de contrôle de 2 alarmes, tandis que les touches F1 et F2 peuvent avoir des fonctions variables, selon la configuration de l'appareil :

alarme 1	alarme 2	alarme 3	alarme 4
alarme 1	alarme 2	alarme 3	changement d'échelle
alarme 1	alarme 2	alarme 3	autocalibration
alarme 1	alarme 2	alarme 3	crête
alarme 1	alarme 2	crête 1	crête 2
alarme 1	alarme 2	crête	changement d'échelle
alarme 1	alarme 2	crête	autocalibration
alarme 1	alarme 2	changement d'échelle	autocalibration
alarme 1	alarme 2	brut net	autocalibration

ALARMES

Programmables comme alarmes de maxima, de minima, de minima avec blocage à la mise sous tension, régulateur on/off direct ou inverse. Alarme de maxima et minima en déviation.
Temporisation réglable de 0 à 100 sec.
Hystérésis réglable de 0 à 1000 divisions de lecture.
Mode de coupure : Automatique/avec acquittement sous alarme/avec acquittement hors alarme.

CRETES

Plusieurs fonctions comme mémoire et lecture de crête positive ou négative. Contrôle frontal de lecture et remise à zéro.
Délai de saisie réglable de 0 à 100 s.

SENELEC
Centrale diesel Cap des Biches



Mercredi 12 Octobre 1994

* Diamètre nominal de l'écrou du doigt de gant : 18.7 mm

ECHANGEUR DE CHALEUR		CARACTERISTIQUES DES DOIGTS DE (					APPAREIL DE MESURES	
Type d'échangeur	**Nombre**	**Diamètre du trou**		**Profondeur du trou**		**coté**		**Quantité à**
		entrée	**sortie**	**entrée**	**sortie**	**Fluide**	**Désignation**	**commander**
- Réfrigérant à plaques : REFP		(mm)	(mm)	125 mm	124 mm	eau d. inter.	Sonde à résistance : SI-D-610. Qtige=9 mm	8
eau douce inter. / eau de mer	2	10	10	90	115	eau de mer	Convertisseur : CVT type C2A 100 / S	8
							Indicateur numérique 4000 - P	8
- Réfrigérant tubulaire : REFT				125		eau d. mot.		6
eau douce moteur / eau douce inter	2	10	10	126	126	eau d. inter.	idem	6
								6
- Réfrigérant tubulaire : REFT				121	126	huile moteur		7
huile moteur / eau douce inter	2	10	10	126	126	eau d. inter	idem	7
								7
- Réfrigérant tubulaire : REFT								10
air suralimentation / eau douce inter	4	10	10				idem	10
								10
- Réfrigérant tubulaire : REFT								10
air suralimentation / eau douce mot.	4	10	10				idem	10
								10
- Réfrigérant d'air alternateur								8
air alternateur / eau douce inter	2	10	10				idem	8
								8
- Réchauffeur de ligne						eau surch.		8
eau surchauffée / eau douce mot.	2	10	10	125	125	eau d. mot.	idem	8
								8

TOTAL des appareils : 57 pour chaque type.

ANNEXE B - 6

En s'appuyant sur la formule de l'indicateur hydrodynamique suivante :

$$\psi = \frac{\Delta P}{Q^2}$$

On détermine suivant la nature du fluide, le nombre de capteurs par réfrigérant

ECHANGEUR DE CHALEUR	DEBITMETRE	CAPTEUR DE PRESSION DIFFERENTIELLE
Refrigérant à plaques	4	4
Réfrigérant air alternateur	2	2
Réfrigérant air suralimentation	8	8
Réfrigérant huile moteur	2	2
Réfrigérant eau douce	4	4
Réchauffeur de ligne	2	2
TOTAL	22	22

ANNEXE Ç - 1

CARACTERISTIQUES DES COMPOSANTS du PCL- 812

*** CONVERTISSEUR A/D (Analogique / Digital)**

canaux : 16 points.

Résolution : 12 bits.

Plage de tension d'entrée : bipolaire : +/- 10V, +/- 5V, +/- 2V, +/- 1V.

Survoltage : +/- 30V Maximum continus.

Type de conversion : approximation successive.

Convertisseur : HADC574Z

Précision : 0.015 de la valeur lue +/- 1 bit.

linéarité : +/- 1 bit.

Mode de déclenchement : logiciel de déclenchement, horloge programmable ou impulsion extérieure.

Transfert de données : programme de contrôle, interruption ou DMA (Accès Direct à la Mémoire).

*** CONVERTISSEUR D/A (Digital / Analogique)**

Canaux : au nombre de 2.

Résolution : 12 bits.

Plage de tension de sortie : 0 à +5V avec la référence fixée à -5V. +/- 10V avec une référence externe continue ou alternative.

Type de conversion : multiplication sur 12 bits

Linéarité : +/- 12 bits.

Sortie de conduit : +/- 5mA Maximum.

Temps d'établissement : 30 microsecondes

ANNEXE C - 2

CARACTERISTIQUES DES COMPOSANTS du PCL- 812

* **ENTREES DIGITALES**

Canaux : 16 bits.

Niveau : TTL compatible.

Tensions d'entrée : - niveau bas : 0.8V maximum

- niveau haut : 2.0V minimum.

Charge d'entrée : - niveau bas : 0.4mA maximum à 0.5V

- niveau haut : 0.05mA maximum à 2.7V.

* **SORTIES DIGITALES**

Canaux : 16 bits.

Niveau : TTL compatible.

Tensions de sortie : - niveau bas : 0.5V maximum

- niveau haut : 2.4 V minimum.

* **SPECIFICATIONS GENERALES**

Puissance consommée : + 5V : typ. 500 mA, maximum 1A.

+ 12V : typ. 50 mA, maximum 100 mA.

- 12 V : typ. 14 mA, maximum 20 mA.

Température d 'opération : de 0 à + 50 degrés Celsius.

Température de stockage : de -20 à + 65 degrés Celsius

ANNEXE C - 3

*** ADRESSES DES PORTS D'ENTREE / SORTIE**

La table suivante montre la position de chaque registre par rapport à l'adresse de base ; elle montre également le mode d'utilisation de ces registres (écriture ou lecture).

POSITION	*LECTURE*	*ECRITURE*
Base + 0	Compteur 0	Compteur 0
Base + 1	Compteur 1	Compteur 1
Base + 2	Compteur 2	Compteur 2
Base + 3	Non Utilisé	Contrôleur du compteur
Base + 4	Octet inférieur du A/D	Octet inférieur du D/A - Canal 1
Base + 5	Octet supérieur du A/D	Octet supérieur du D/A - Canal 1
Base + 6	Octet inférieur du D/I	Octet inférieur du D/A - Canal 2
Base + 7	Octet supérieur du D/I	Octet supérieur du D/A - Canal 2
Base + 8	Non Utilisé	Supprime demande d'interruption
Base + 9	Non Utilisé	Non Utilisé
Base + 10	Non Utilisé	Multiplexeur
Base + 11	Non Utilisé	Contrôleur du PCL-812
Base + 12	Non Utilisé	Logiciel de déclenchement A/D
Base + 13	Non Utilisé	Octet inférieur du D/O
Base + 14	Non Utilisé	Octet supérieur du D/O
Base + 15	Non Utilisé	

***NOTE*:** A/D : Analogique / Digital

D/A : Digital / Analogique

D/I : Entrée Digitale

D/O : Sortie digitale

ANNEXE C - 4

Caractéristique de la carte d' acquisition de données et accessoires

-Carte d' acquisition

1.RDAS 1050: Inteligent, Remote Data Acquisition Unit

-Résolution: 15 bits

-8 Differential/ 16 single-ended Analog Inputs

-A/D converter speed =17-20 ms

-Bi-polar Inputs ± 10 V

-Output current sink =1.5 mA

*compatible avec LABTECH

Prix: 1393 $ canadiens

2.RDAS SW1 : RDAS 1050 Driver Software (specify language)

Prix: 273 $ canadiens

3. PC 81 : 64 Channel Multiplexing Terminal Panel

Prix: 413 $ canadiens

4.RDAS CVR : Metal cover and stand-offs

Prix: 119 $ canadiens

5.RDAS PS1: 5V, 1.5A Open-Frame Power Supply

Prix: 77 $ canadiens

6.RDAS 5W3 : Measurement & control Communications SW

Prix: 350 $ canadiens

7.RDAS RMT: Rack-Mount Kit for RDAS 1050

Prix: 440 $ canadiens

Soit un total de 2765 $ canadiens

Pour 1 $ canadien= 400 Fcfa **Total,=1 106 000 FCFA**

Nota

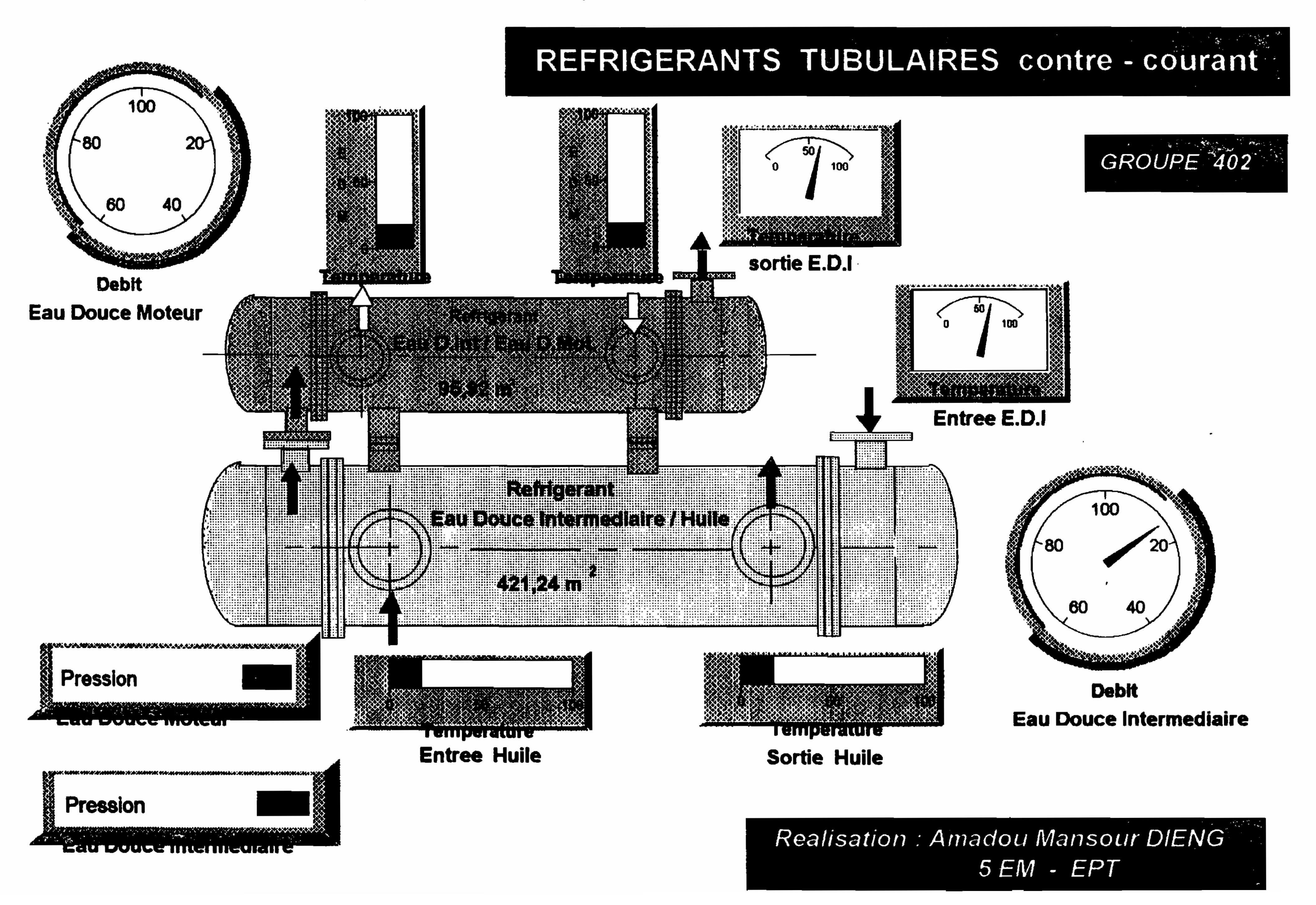
Nous considérons que c' est un premier total car on a pas tenu compte du micro-contrôleur à installer au niveau des réfrigérants à plaques.

ANNEXE D - 1

Tableau 4-2 : Configuration d'une icône de calcul

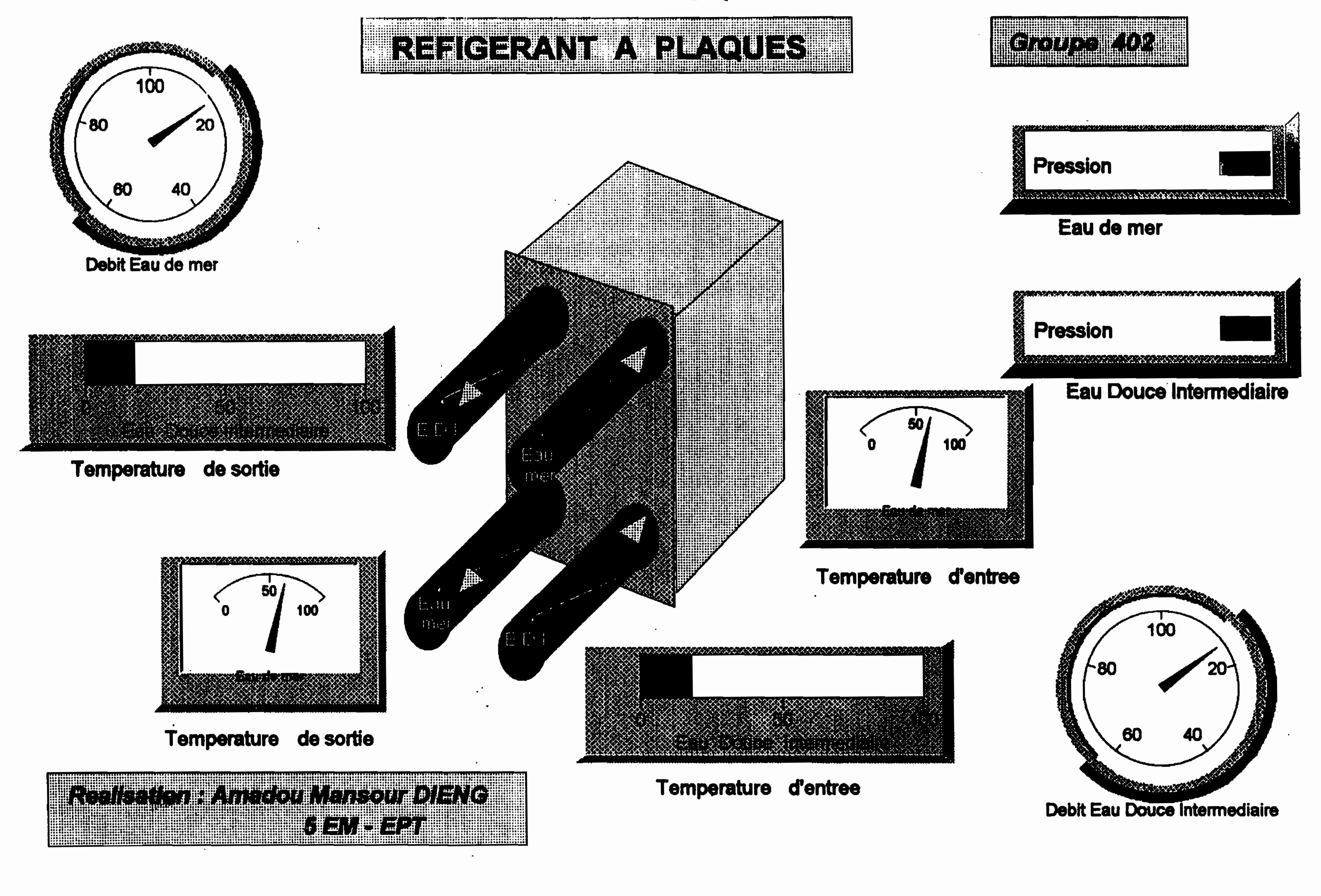
NORMAL DATA ACQUISITION / CONTROL SETUP	
Number of Function Blocks [0..250]	1
Current Block(s) [n or n..m]	1
Block Type	[Calculated]
Tag Name	
Block Units	Degrés Celsius
Operation	[X - Y]
X input Block	2
Y input Block	3
Parameter,r	0.000
Scale Factor	1.000
Offset Constant	0.000
Buffer Size	500
Number of iterations	1
Number of Stages [1..10]	1
Stage Number	1
Sampling Rate, Hz	1.000
Stage Duration, sec [0.0..1.0E+08]	1.00e+004
Start/Stop Method	[Immed.]
Trigger Block or Key	1
Trigger Pattern to AND [0..255]	0
Trigger Pattern to XOR [0..255]	0
Time Delay, sec. [0.0..1.0E+08]	5.000
Analog Trigger Value	0.000
Analog Trigger Polarity	[High]
Number of Samples to Save (Pretrigger)	0

ANNEXE D-1

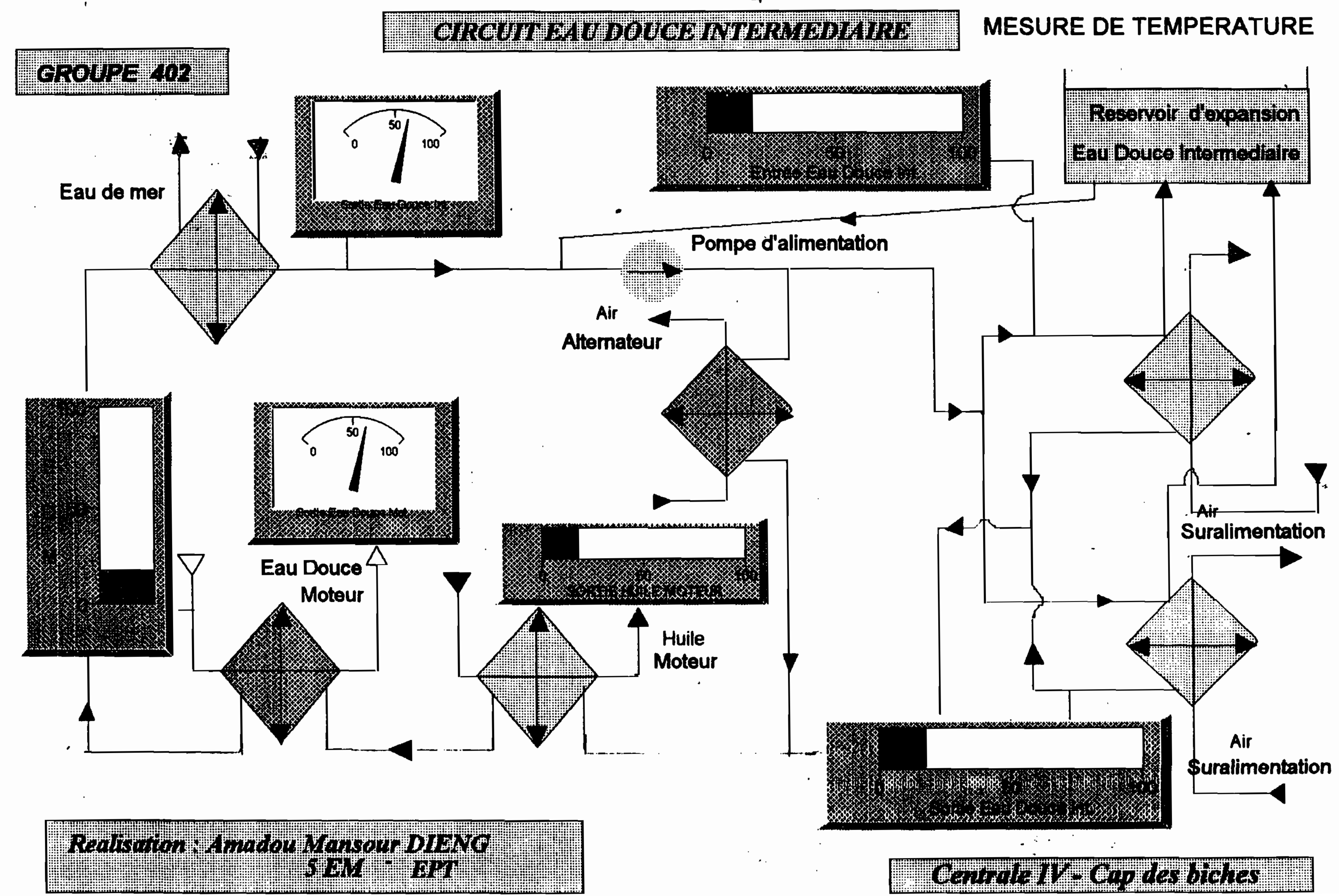


REFRIGERANTS TUBULAIRES contre - courant
GROUPE 402
100
80
20
60
40
Debit
Eau Douce Moteur
Temperature
Temperature
0
50
100
Temperature
sortie E.D.I
0
50
100
Temperature
Entree E.D.I
Refrigerant
Eau D.Int / Eau D.Mot.
Refrigerant
Eau Douce Intermediaire / Huile
421,24 m 2
100
80
20
60
40
Debit
Eau Douce Intermediaire
Pression
Eau Douce Moteur
0
50
100
Temperature
Entree Huile
0
50
100
Temperature
Sortie Huile
Pression
Eau Douce Intermediaire
Realisation : Amadou Mansour DIENG
5 EM - EPT

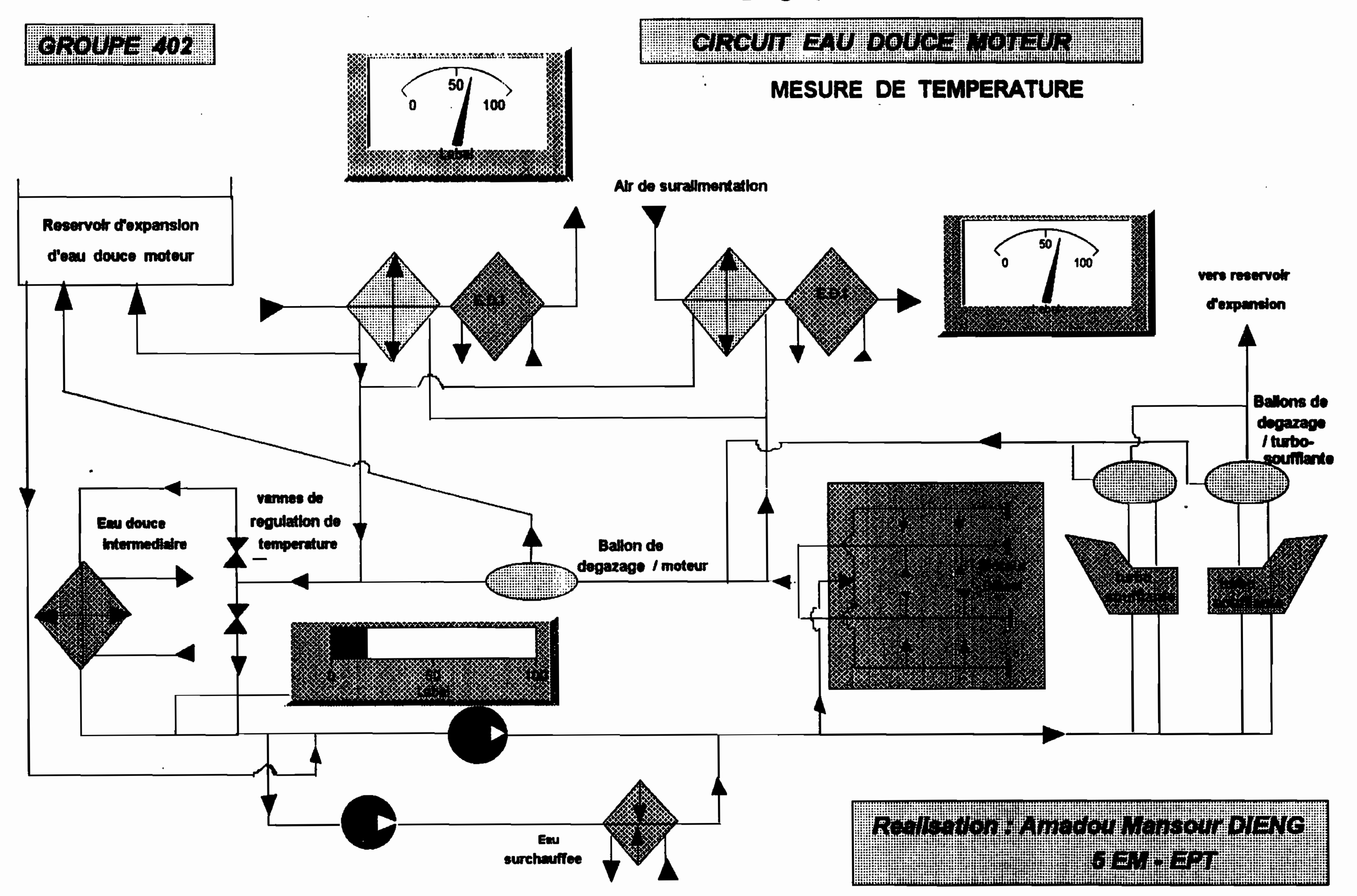
ANNEXE D-2


REFIGERANT A PLAQUES
Groupe 402
100
80
20
60
40
Debit Eau de mer
Pression
Eau de mer
Pression
Eau Douce Intermediaire
Temperature de sortie
50
0
100
Temperature d'entree
50
0
100
Temperature de sortie
100
80
20
60
40
Debit Eau Douce Intermediaire
Temperature d'entree
Realisation : Amadou Mansour DIENG
6 EM - EPT

ANNEXE D-4


CIRCUIT EAU DOUCE INTERMEDIAIRE
MESURE DE TEMPERATURE
GROUPE 402
Reservoir d'expansion
Eau Douce Intermediaire
Eau de mer
Pompe d'alimentation
Air
Alternateur
Eau Douce
Moteur
Huile
Moteur
Air
Suralimentation
Air
Suralimentation
Realisation : Amadou Mansour DIENG
5 EM EPT
Centrale IV - Cap des biches

ANNEXE D-5


GROUPE 402
CIRCUIT EAU DOUCE MOTEUR
MESURE DE TEMPERATURE
0
50
100
Air de suralimentation
Reservoir d'expansion
d'eau douce moteur
0
50
100
vers reservoir
d'expansion
Ballons de
degazage
/ turbo-
soufflante
vannes de
regulation de
temperature
Eau douce
intermediaire
Ballon de
degazage / moteur
Eau
surchauffee
Realisation : Amadou Mansour DIENG
6 EM - EPT

Bibliographie

Holman, J.P. Heat transfer.
McGraw - Hil inc, 1989

Technique de l'ingénieur, Génie chimique : transfert de chaleur.

Cours de transmission de chaleur, Chal 3.11

Ash, Georges. Les capteurs en instrumentation industrielle.
Dunod, Paris 1991

Nantet, J.P Ordinateurs en temps réel.
Masson et Cie, Paris 1970

Labtech Notebook, software.
Laboratory Technologies Corporation, 1991

Pcl - Lab card, user manual.
Taiwan, May 1990

Realtime vision, user guide.

Cours d'acquisition de données, Elec 5.21.